



Universidade Federal de Minas Gerais
Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio
Sustentável

Rubens do Amaral

A prestação de serviços ecossistêmicos e a dinâmica de estoque de dióxido de carbono no Sistema de Espaços Livres do Município de Belo Horizonte: estudo de caso na Regional CentroSul

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG
2015

Rubens do Amaral

A prestação de serviços ecossistêmicos e a dinâmica de estoque de dióxido de carbono no Sistema de Espaços Livres do Município de Belo Horizonte: estudo de caso na Regional CentroSul

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais.

Área de Concentração: Bens Culturais, Tecnologia e Território.

Linha de Pesquisa: Gestão do Patrimônio no Ambiente Construído

Orientadora: Prof.^a Dr^a Staël de Alvarenga Pereira Costa

Co-orientadora: Prof.^a Dr^a Maria Rita Scotti Muzzi

FICHA CATALOGRÁFICA

A485s

Amaral, Rubens do.

A prestação de serviços ecossistêmicos e a dinâmica de estoque de dióxido de carbono no sistema de espaços livres de Belo Horizonte[manuscrito] : estudo de caso na Regional Centro Sul / Rubens do Amaral. - 2015.

185 f. : il.

Orientadora: Staël de Alvarenga Pereira Costa.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Paisagem – Proteção – Belo Horizonte (MG). 2. Sequestro de carbono – Belo Horizonte (MG). 3. Arquitetura paisagística – Belo Horizonte (MG). 4. Parque Municipal das Mangabeiras (Belo Horizonte, MG). 5. Parque Municipal Américo Renê Giannetti (Belo Horizonte, MG). 6. Praça Raul Soares (Belo Horizonte, MG). I. Costa, Staël de Alvarenga Pereira. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

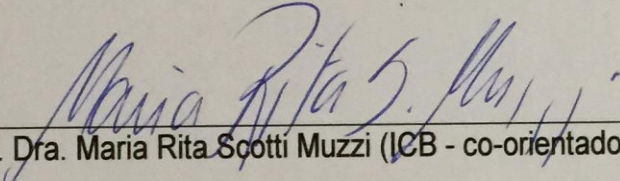
CDD 363.7

RUBENS DO AMARAL

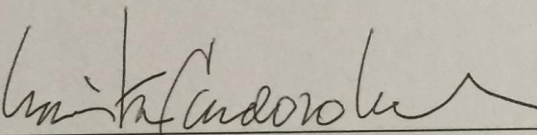
" A prestação de serviços ecossistêmicos e a dinâmica de estoque do dióxido de carbono no Sistema de Espaços Livres do Município de Belo Horizonte: estudo de caso na Regional Centro-Sul ".

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais

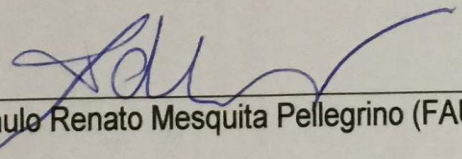
Comissão Examinadora:



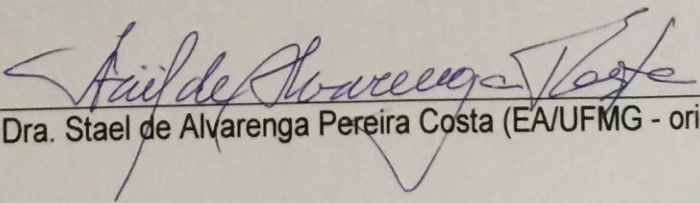
Profa. Dra. Maria Rita Scotti Muzzi (ICB - co-orientadora)



Profa. Dra. Marieta Cardoso Maciel (EA/UFMG)



Prof. Dr. Paulo Renato Mesquita Pellegrino (FAU/USP)



Profa. Dra. Stael de Alvarenga Pereira Costa (EA/UFMG - orientadora)

Belo Horizonte, 04 de março de 2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e ao Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, seus professores e funcionários, pela contribuição para a minha formação e consolidação dos conhecimentos necessários para o desenvolvimento deste trabalho;

À Agência de Fiscalização do Distrito Federal por tornar possível a realização desse mestrado, imprescindível para minha capacitação profissional;

À querida professora Stael, exemplo profissional e pessoal, pelo envolvimento e apoio durante o processo e, sobretudo, por várias vezes ter me tirado da zona de conforto, me estimulando a dar sempre o melhor de mim. Agradeço também por tudo que me ensinou ao longo desses últimos anos, conhecimentos que carregarei para o resto da vida;

À querida professora Maria Rita, agradeço pelo constante entusiasmo e apoio durante a elaboração deste trabalho. Obrigado também pela paciência em me apresentar o mundo novo da biologia, conhecimentos que mudaram a minha forma de ver a cidade e o meio ambiente. Sua orientação foi imprescindível.

Às professoras Cristina e Marieta, pelas conversas e opiniões sempre valorosas ao longo de nosso convívio no mestrado.

Ao Laboratório da Paisagem e aos meus colegas de mestrado pelo apoio e convivência.

A Marcelo Amaral Ferreira, pelo apoio incondicional, sempre me incentivando a seguir adiante no desenvolvimento do trabalho.

À minha família, por me ensinar a importância do estudo e sempre me apoiar em novas empreitadas.

Aos amigos em geral, agradeço a força; aos de Belo Horizonte a acolhida. À Cinthya, pelo incentivo e torcida constantes, mesmo com saudade, e às queridas Simone, Manoela, Karina, Lu e Luciane, por tantas conversas e trocas de ideia.

RESUMO

Esta dissertação procura estudar desempenho das florestas urbanas na provisão de serviços ecossistêmicos urbanos, por meio da análise do sequestro de carbono, em determinadas áreas, ao longo da paisagem de Belo Horizonte. Objetiva assim comparar a eficácia ambiental dos trechos analisados, pela produção de biomassa florestal e pelo sequestro de carbono e nutrientes no solo. Busca-se com isso fornecer indicadores de qualidade de serviços ambientais e subsidiar a proposta de diretrizes paisagísticas direcionadas à sua implantação ou melhoria. Para tanto, com base em pesquisa exploratória referente a estudos da paisagem, morfologia urbana e ecologia da restauração foi possível a conjunção dos aspectos geomorfológicos do sítio, da camada vegetação pré-existente e da implantação do sistema antrópico sobre a cidade. As análises resultaram na escolha da Administração Regional Centro Sul de Belo Horizonte para estudo de caso, bem como dos trechos de floresta urbana referentes ao Parque Municipal das Mangabeiras, Praça Raul Soares e Parque Municipal Américo Renê Giannetti. Nessas áreas foi feita a estimativa de biomassa aérea e realizadas amostras de solo, que foram encaminhadas para análises laboratoriais de fertilidade de solo, concentração de substâncias húmicas e análise de isótopos estáveis. Os resultados obtidos foram analisados criticamente em relação aos processos morfológicos e à concepção e tratamento paisagístico de cada área, visando a percepção dos atributos referentes ao desempenho ambiental encontrado. Com base nisso foram estabelecidas diretrizes paisagísticas orientadas para a introdução e melhoria da prestação de serviços ecossistêmicos urbanos em trechos diferenciados de floresta urbana. O estudo busca assim ressaltar o papel da vegetação na cidade, em especial a arbórea, como recurso estratégico. Conforme o manejo adotado em trechos de floresta urbana, pode-se melhorar a qualidade ambiental nas cidades, mitigar impactos decorrentes do processo de urbanização e contribuir para a proposição de uma forma urbana alinhada ao paradigma da sustentabilidade.

Palavras-chave: Floresta urbana. Sequestro de Carbono. Serviços ecossistêmicos urbanos. Morfologia urbana. Ecologia da restauração.

ABSTRACT

This dissertation seeks to study the performance of urban forests in the provision of urban ecosystem services, through the analysis of carbon sequestration, in certain areas along the Belo Horizonte's landscape. Objective so to compare the environmental effectiveness of the analyzed sections, by the production of forest biomass and carbon and nutrient sequestration in the soil. Search up with that, offers quality indicators of environmental services and support the proposal for landscape guidelines aimed at its implementation or improvement. Therefore, based on exploratory research related to landscape studies, urban morphology and restoration ecology is possible the combination of geomorphological aspects of the site, the former vegetation layer and the implementation of the anthropic system over the city. The analysis resulted in the choice of the Centro-Sul Regional Administration of Belo Horizonte for case study, as well as the urban forest sections related to Municipal Park of Mangabeiras, Raul Soares Square and Parque Municipal Americo Renne Giannetti. In these areas, were performed biomass estimation and soil samples, which were sent for laboratory testing of soil fertility, concentration of humic substances and analysis of stable isotopes. The results were analyzed critically in relation to morphological processes and the design and landscaping treatment of each area, in order to provide perception about the attributes related to the environmental performances that were found. Based on that, landscaping guidelines were established oriented for the introduction and improvement of the provision of urban ecosystem services in different parts of urban forest. The study aims thus highlighting the role of vegetation in the city, especially the arboreal, as a strategic resource. According with the management adopted in urban forest stretches, can be improved the environmental quality in the cities, mitigating the impacts resulted from the urbanization process and contributing for the proposition of an urban form aligned with the paradigm of sustainability.

Keywords: Urban Forest. Carbon Sequestration. Urban ecosystem services. Urban morphology. Restoration ecology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estados de funcionalidade dos ecossistemas e a transição entre ambientes intactos ou degradados, estabelecidos pela quebra dos limiares ecológicos biótico e abiótico.....	40
Figura 2 – Representação generalizada dos componentes de um ecossistema terrestre, todos conectados pelo fluxo de carbono.....	45
Figura 3 – Esquema das parcelas para a análise dos diferentes componentes da biomassa vegetal nos trechos de floresta urbana estudados	49
Figura 4 – Localização do Município de Belo Horizonte no Estado de Minas Gerais.....	52
Figura 5 – Municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Em vermelho, destaca-se a área conurbada de Belo Horizonte	53
Figura 6 – Limites do município de Belo Horizonte e divisão administrativa municipal ..	54
Figura 7 – Abertura da caixa de via da Rua Claudio Manoel na década de 20, com a arborização prevista em projeto implantada	55
Figura 8 – Plano-capital da cidade de Belo Horizonte (projeto de Aarão Reis), com a zona urbana representada em amarelo, a zona suburbana em verde e a zona rural nas bordas do perímetro	56
Figura 9 – Planta cadastral do extinto arraial de Belo Horizonte, antigo Curral Del Rei, sobreposta à planta da nova capital, onde se observa a desconsideração do traçado urbano pré-existente	57
Figura 10 – Grandes unidades de relevo incidentes sobre a Região Administrativa Centro Sul.....	61
Figura 11 – Subdivisão das grandes unidades de relevo incidentes sobre a Administração Regional Centro Sul – Depressão de Belo Horizonte e Serras do Quadrilátero Ferrífero em compartimentos de relevo, com a representação das falhas de empurrão existentes na região e do traçado da Avenida do Contorno	63
Figura 12 – Sobreposição das grandes unidades de relevo e das falhas de empurrão incidentes sobre a Administração Regional Centro Sul com as declividades da área ...	65
Figura 13 – Sobreposição das falhas de empurrão e das grandes unidades de relevo incidentes sobre a Região Administrativa Centro Sul com a variação entre as cotas máxima e mínima da topografia	66
Figura 14 – Mapa síntese das linhas de fixação originárias na Administração Regional Centro Sul, sobre a malha urbana, com a simulação do relevo da área.....	67

Figura 15 – Mapa de biomas do Brasil ilustrando o contato entre o Cerrado – área em rosa – e a Mata Atlântica – área cinza – no Município de Belo Horizonte	68
Figura 16 – Camada vegetação relacionada ao sítio sobre o qual incide a Administração Regional Centro-sul	69
Figura 17 – Sobreposição da camada vegetação incidente sobre a Região Administrativa Centro Sul, sobre os compartimentos de relevo existentes.....	70
Figura 18 – Perfil esquemático e corte das formações vegetais cerradão (abaixo) e mata ciliar (acima)	71
Figura 19 – Perfil esquemático e corte da formação vegetal floresta estacional semidecidual. O perfil superior apresenta a formação durante a época chuvosa e o inferior, durante os períodos mais secos	72
Figura 20 – Perfil esquemático e registro fotográfico das formações vegetais floresta-degaleria (abaixo) e cerrado (acima).....	73
Figura 21 – Áreas verdes públicas incidentes sobre o compartimento de relevo Cristas da Zona Sul e contidas no perímetro da Avenida do Contorno	76
Figura 22 – Áreas selecionadas para análise comparativa no desempenho de sequestro de carbono com a indicação dos respectivos compartimentos e das linhas de fixação incidentes sobre a Região Administrativa Centro Sul.....	80
Figura 23 – Detalhe da simulação do relevo do Parque Municipal das Mangabeiras, com a representação do Córrego da Serra e da falha de empurrão existente na área, criando condições propícias para a preservação de estratos de vegetação original perante o crescimento urbano de Belo Horizonte	84
Figura 24 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal das Mangabeiras anterior à ocupação antrópica (acima) e ilustração da vegetação incidente	87
Figura 25 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal das Mangabeiras entre 1941 e 1961 (acima) e ilustração das formações vegetais referentes ao período	88
Figura 26 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal das Mangabeiras entre 1961 e 1982 (acima) e ilustração das formações vegetais referentes ao período	89
Figura 27 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal das Mangabeiras entre 1961 e 2014 (acima) e ilustração das formações vegetais referentes ao período	90

Figura 28 – Trecho de floresta urbana sob análise – Praça Raul Soares –, entre as canalizações dos córregos do Barro Preto ou Barroca e do Leitão, com a representação do compartimento de relevo no qual está inserido	91
Figura 29 – Modelo da tríade clássica francesa, que influenciou o traçado da Praça Raul Soares	92
Figura 30 – Ilustração da inserção do trecho de floresta urbana da Praça Raul Soares, no tecido urbano do Bairro Centro de Belo Horizonte	94
Figura 31 – Superfícies suaves, rígidas e de água da Praça Raul Soares e ilustração .	96
Figura 32 – Ilustração da provável composição das superfícies suaves – Cerradão – antes da implantação do sistema antrópico na área em que se encontra a Praça Raul Soares	97
Figura 33 – Localização da Praça Raul Soares em relação aos cursos naturais dos Córregos do Leitão e do Barro Preto ou Barroca	97
Figura 34 – Ilustração da área em que foi implantada a Praça Raul Soares em 1931, com toda a vegetação original retirada	98
Figura 35 – Ilustração da variação do estrato arbóreo na Praça Raul Soares entre 1936 e a contemporaneidade	99
Figura 36 – Parque Municipal Américo Renê Giannetti, cruzado pela canalização do Córrego Acaba Mundo, com a representação dos compartimentos de relevo nos quais está inserido	101
Figura 37 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal Américo Renê Giannetti anterior à implantação do sistema antrópico (acima) e ilustração das formações vegetais relacionadas aos atributos da paisagem existentes.....	105
Figura 38 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal Américo Renê Giannetti, em 1894 (acima), e ilustração das formações vegetais relacionadas ao início da implantação do sistema antrópico na área.....	106
Figura 39 – Foto de Parque Municipal Américo Renê Giannetti, no ano de 1938.....	107
Figura 40 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal Américo Renê Giannetti, em 1938 (acima), e ilustração das formações vegetais relacionadas ao início da implantação do sistema antrópico na área.....	108
Figura 41 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal Américo Renê Giannetti, em 2015 (acima), e ilustração das formações vegetais relacionadas à contemporaneidade	109

Figura 42 – Indicação do local de amostragem na área de referência, sua proximidade em relação à mancha urbana – Parque Municipal das Mangabeiras – e ao Córrego da Serra, com a representação dos compartimentos de relevo no qual está inserido	112
Figura 43 – Pontos amostrados na área de referência ao longo de um transecto de 1,5 Km, demarcado em vermelho	112
Figura 44 – Pontos amostrados na área de referência ao longo dos transectos, em vermelho.....	113
Figura 45 – Pontos amostrados na área de referência ao longo dos transectos, em vermelho.....	114
Figura 46 – Área no Parque Municipal Américo Renê Giannetti, com desempenho ambiental superior ao da área de referência	128
Figura 47 – Ilustração da série representativa do trecho de floresta urbana, na área de referência.....	129
Figura 48 – Trecho da floresta urbana, no Parque Municipal das Mangabeiras. É possível observar a formação de camada perene de serrapilheira sobre o solo, número significativo de árvores, com variados portes, além da instalação do processo de sucessão vegetal.....	132
Figura 49 – Detalhe da camada perene de serrapilheira no Parque Municipal Américo Renê Giannetti	133
Figura 50 – Atributos paisagísticos inerentes à área de referência: camada perene de serrapilheira, concentração significativa de biomassa viva abaixo do solo, com a aeração decorrente e a manutenção do lençol freático	134
Figura 51 – Ilustração da série representativa do trecho de floresta urbana incidente sobre Praça Raul Soares.....	135
Figura 52 – Trecho da floresta urbana incidente sobre a Praça Raul Soares, com trechos gramados abaixo da copa das árvores, sem a presença de serapilheira	136
Figura 53 – Detalhe da série representativa da floresta urbana da Praça Raul Soares, indicando a compactação do solo decorrente da utilização de trechos gramados sob áreas arborizadas.....	137
Figura 54 – Roseirais com solo exposto na Praça Raul Soares: evasão de carbono ..	138
Figura 55 – Ilustração das séries representativas da floresta urbana do Parque Américo Renê Giannetti	139

Figura 56 – Concepção heterogênea do Parque Municipal Américo Renê Giannetti. Uma neoclássica, com o uso de áreas gramadas (acima) e outra de concepção romântica e atributos florestais (abaixo).....	140
Figura 57 – Exemplo de árvores leguminosas: falso barbatimão, sucupira preta, caviúna do cerrado e jacarandá do cerrado (em sentido horário)	143

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentual de carbono sequestrado no solo, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)	115
Gráficos 2 – Comparação entre os valores relacionados ao carbono total do solo, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)	116
Gráfico 3 – Comparação entre os valores relacionados ao percentual de nitrogênio no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)	116
Gráfico 4 – Comparação entre os valores relacionados à relação C:N, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG).....	117
Gráfico 5 – Comparação entre os valores relacionados à ocorrência de carbono isotópico 13, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG).....	118
Gráfico 6 – Comparação entre os valores relacionados à ocorrência de nitrogênio isotópico 15, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG).....	119
Gráfico 7 – Comparação entre os valores relacionados ao carbono sequestrado em ácido húmico no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG).....	120
Gráfico 8 – Comparação entre os valores relacionados ao carbono sequestrado em ácido fúlvico no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG).....	121
Gráfico 9 – Comparação entre os valores relacionados ao número de árvores, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)	122
Gráfico 10 – Comparação entre os valores relacionados ao carbono em biomassa arbórea, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)	123

Gráfico 11 – Comparação entre os valores relacionados ao carbono em serrapilheira, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG).....	123
Gráfico 12 – Comparação entre os valores relacionados ao carbono em vegetação herbácea/arbustiva, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)	124
Gráfico 13 – Mapa perceptual via componentes principais para as variáveis, indicando a correlação entre as variáveis e o desempenho dos trechos de floresta urbana na prestação dos serviços ambientais relacionados	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
AtPsg	Atributo paisagístico
AtPsgAnt	Atributo paisagístico anterior
C	Carbono
Ca	Cálcio
Caf	Carbono – ácido fúlvico
Cah	Carbono – ácido húmico
Cba	Carbono em biomassa aérea arbórea
Cbs	Carbono em biomassa aérea em serrapilheira
Cha	Carbono em biomassa aérea herbácea/arbustiva
CO ₂	Dióxido de carbono
Corg	Carbono orgânico total do solo
COS	Carbono orgânico sob o solo
C/N	razão carbono/nitrogênio
%C	Percentual de carbono
¹² C	Carbono isotópico 12
¹³ C	Carbono isotópico 13
CS1	Território de gestão compartilhada 1
CS2	Território de gestão compartilhada 2
CS3	Território de gestão compartilhada 3
CS4	Território de gestão compartilhada 4
CS5	Território de gestão compartilhada 5
C.T.C	Capacidade de troca de cátions
d ¹³ C	Carbono isotópico 13
d ¹⁵ C	Carbono isotópico 15
DAP	Diâmetro acima do peito
exp	Função exponencial natural
EA	Escola de arquitetura
GEE	Gases de efeito estufa
H	Hidrogênio
ha	Hectare

H ₂ O	Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICRAF	<i>International Centre for Research in Agroforestry</i>
IEPHA	Instituto Estadual de Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
K	potássio
Ln	Logaritmo natural
Mg	Magnésio
M.O.	Matéria orgânica total
N	Nitrogênio
¹⁴ N	Nitrogênio isotópico 14
¹⁵ N	Nitrogênio isotópico 15
Na	Sódio
Nº arv	Número de árvores
%N	Percentual de nitrogênio
P	fósforo
pH	Potencial hidrogeniônico
PBH	Prefeitura Municipal de Belo Horizonte
PLAMBEL	Planejamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte
PMARG	Parque Municipal Américo Renê Giannetti
PMM	Parque Municipal das Mangabeiras
ppm	Partes por milhão
PRODABEL	Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte
PRS	Praça Raul Soares
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
S.B.	Soma de bases trocáveis
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
V%	Índice de saturação de bases
Y	biomassa aérea seca

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	30
2.1	Floresta urbana na paisagem	30
2.1.1	Paisagem como produto	30
2.1.2	Floresta urbana e a escola inglesa <i>Conzeniana</i> de morfologia urbana ...	32
2.1.3	Faixas de hiatos urbanos – <i>fringe belts</i>	34
2.1.4	Floresta urbana e os processos morfológicos – relação com o plano urbano	36
2.1.5	Floresta urbana e a ecologia da paisagem.....	37
2.2	As florestas urbanas e a ecologia da restauração.....	39
2.2.1	Ecologia da restauração e recuperação ecológica.....	39
2.2.2	Sintropia e entropia na floresta urbana	43
2.2.3	Sequestro de carbono em ecossistemas florestais	44
2.3	Materiais e métodos	47
3	ESTUDO DE CASO: A IDENTIFICAÇÃO DE TRECHOS CONTRASTANTES DE FLORESTA URBANA PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO NO SEQUESTRO DE CARBONO, NA REGIÃO ADMINISTRATIVA CENTRO SUL DE BELO HORIZONTE	52
3.1	A floresta urbana no Plano Urbano de Belo Horizonte	54
3.2	A floresta urbana na Região Administrativa Centro Sul: condicionantes e processos	59
3.2.1	O Sítio de Belo Horizonte – condicionantes bióticos e abióticos da floresta urbana na Administração Regional Centro-Sul	59
3.2.1.1	Geomorfologia e relevo.....	60
3.2.1.2	Relevo e vegetação	68
3.3	A floresta urbana e o plano urbano na Região Administrativa Centro Sul	74
4	MORFOLOGIA URBANA E PAISAGISMO NAS ÁREAS DE ESTUDO.....	82
4.1	Parque Municipal das Mangabeiras	82
4.1.1	Concepção paisagística	82
4.1.2	Morfologia urbana e configuração paisagística do Parque Municipal das Mangabeiras	83

4.1.2.1	Relações estáticas.....	83
4.1.2.2	Relações dinâmicas	86
4.2	Praça Raul Soares	91
4.2.1	Concepção paisagística	92
4.2.1.1	Morfologia urbana e configuração paisagística da Praça Raul Soares .	93
4.2.1.1.1	Relações estáticas	93
4.2.1.1.2	Relações dinâmicas	95
4.3	Parque Municipal Américo Renê Giannetti.....	101
4.3.1	Concepção paisagística	101
4.3.1.1	Morfologia urbana e configuração paisagística do Parque Municipal Américo Renê Giannetti.....	103
4.3.1.1.1	Relações estáticas	103
4.3.1.1.2	Relações dinâmicas	104
5	ANÁLISE SISTÊMICA DO DESEMPENHO AMBIENTAL DOS TRECHOS DE FLORESTA URBANA	111
5.1	Caracterização da amostragem das áreas	111
5.2	Análise comparativa das variáveis de desempenho ambiental nas áreas de estudo	114
5.3	Análise funcional dos trechos de floresta urbana por meio de mapa perceptual de componentes principais para as variáveis	124
6	CONSIDERAÇÕES SOBRE A MELHORIA OU INTRODUÇÃO DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS URBANOS EM TRECHOS DE FLORESTA URBANA.....	129
6.1	Área de referência – Parque Municipal das Mangabeiras	129
6.2	Praça Raul Soares	135
6.3	Parque Municipal Américo Renê Giannetti.....	138
6.4	Diretrizes paisagísticas gerais.....	141
6.5	Diretrizes paisagísticas relacionadas às séries representativas dos trechos de floresta urbana estudados	143
6.6	Diretrizes para o monitoramento da prestação de serviços ecossistêmicos urbanos	147
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	149
	REFERÊNCIAS.....	157

GLOSSÁRIO.....	167
ANEXO A – Quadro resumo das características dos compartimentos de relevo incidentes na Região Administrativa Centro Sul, por grande unidade de relevo....	180
ANEXO B – Tabela resumo da amostragem nos trechos de floresta urbana analisados.....	183
ANEXO C – Tabela de comparação das variáveis entre as regiões.....	184
ANEXO D – Análise de fertilidade do solo nas áreas de estudo	185

1 INTRODUÇÃO

A ação antrópica no planeta, em especial as atividades agrícolas, pecuárias extrativistas, mineradoras, juntamente com o crescimento urbano e o desflorestamento contribuíram para o aumento global de emissão de CO₂, principalmente a partir da revolução industrial. Tal aumento possui principal origem na queima de combustíveis fósseis que libera por ano mais de 6 bilhões de toneladas de carbono na atmosfera. A segunda fonte de emissão são os desmatamentos, pelos quais se estima a liberação de cerca de 1,5 bilhões toneladas. Esse montante está suplantando a capacidade da natureza de fixar dióxido de carbono. Quando se iniciou a Revolução Industrial, em 1760, as emissões eram insignificantes, mas, em 1950, as emissões por queima de combustíveis fósseis chegaram a 1,6 bilhões de toneladas/ano. Em 2000 já se verificou que esse valor havia chegado a 6,3 bilhões. Estima-se que, entre 1960 e 2000, o acúmulo de CO₂ na atmosfera chegou a 370 partes por milhão (ppm), 32 por cento maior que o nível pré-industrial. Se as emissões de CO₂ chegarem ao fim do século XXI a 560 ppm – o dobro do nível pré-industrial –, podem ser esperados eventos climáticos mais extremos – ondas recordes de calor, elevação do nível do mar, degelo das calotas polares, alteração da distribuição das chuvas, tempestades mais destrutivas e escassez de água potável (BROWN, 2003).

Em especial, nas cidades com climas tropicais, já se observam mudanças decorrentes do processo de urbanização: (I) aumento da temperatura do ar e diminuição da umidade, com prejuízos à saúde e à produtividade humana; (II) aumentos no consumo de energia por resfriamento artificial de edifícios; (III) aumento da frequência de tempestades, resultando em danos sociais e materiais; (IV) concentração da poluição do ar e diminuição da ventilação natural, com prejuízos para a saúde humana, além de danos às edificações (ASSIS; FROTA, 1999).

Nesse cenário, o Brasil, juntamente com diversos países, aderiu ao protocolo de Kyoto, em dezembro de 1997, no qual se comprometeu com as metas estabelecidas no Artigo 3.1 desse documento pela redução de pelo menos 5 por cento em relação aos níveis de Gases de Efeito Estufa (GEE) verificados no ano de 1990. Essas metas deveriam ser atingidas no período compreendido entre 2008 e

2012 – primeiro período de compromisso. Sabe-se que o Brasil emite o equivalente a cerca de 2,203 bilhões de toneladas de CO₂, sendo a contribuição do Município de Belo Horizonte nesse montante, em torno de 3,178 milhões de toneladas de CO₂, equivalente a 0,14% das emissões (MCTI, 2009; MUNDUS CARBO, 2009).

Assim são crescentes preocupações envolvendo as emissões de GEE e os impactos relacionados à mudança climática. Após a elaboração de um relatório delineando as opções para a captura e armazenamento de dióxido de carbono, o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) identificou cinco opções tecnológicas para atenuar os níveis de CO₂ atmosférico. Destaca-se, dentre essas opções, **o aumento da absorção biológica dos estoques naturais de carbono do planeta**, função inerente às florestas urbanas e não urbanas no planeta (WALSH, 2012, grifo nosso).

O sequestro de carbono (C) em biomassa aérea e pelo solo é um dos principais **serviços ecossistêmicos florestais**, cujo entendimento propicia a instrumentalização do aumento de absorção biológica de carbono preconizada pelo IPCC. É notório que as mudanças climáticas globais são provenientes das intervenções humanas nos ciclos biogeoquímicos do planeta, sendo o sequestro de carbono, principalmente pelo solo, um dos fatores mais estratégicos para a limitação ou regulação dessas alterações. Entretanto uma floresta, para desempenhar esse serviço ambiental necessita de condições de desenvolvimento saudável orientando-a para o estado de floresta clímax – um ecossistema no qual as comunidades encontram-se em equilíbrio, por meio dos processos de sucessão ecológica (BALÉE, 1989, grifo nosso).

Outro significativo serviço ecossistêmico florestal é a drenagem natural dos solos. Esse serviço ambiental decorre da plena instalação do ciclo biogeoquímico de carbono e é associado à manutenção dos aquíferos e das bacias hidrográficas. A impermeabilização do solo, com a supressão de manchas florestais, em aglomerados urbanos, compromete a disponibilidade superficial de água doce no planeta (BALÉE, 1989; BROWN, 2003; BONAM, 2008; LOVELL; TAYLOR, 2013).

Para tanto é necessário o estabelecimento do ciclo de carbono e nutrientes, que equilibra a relação entre o solo e a vegetação, gerando matéria orgânica. Parte da matéria orgânica no solo, devido à ação de agentes

decompositores é transformada em substâncias húmicas, que são importantes para a prestação de serviços ecossistêmicos relacionados com o ciclo de carbono. Essas substâncias representam o estoque definitivo de carbono no solo - estima-se que o montante sequestrado chega a mais de quatro vezes o volume estocado em biomassa aérea no planeta. A produção de matéria humificada impacta positivamente a geração de nutrientes necessários para suporte ao desenvolvimento da vegetação, auxilia o sequestro de carbono em biomassa aérea, bem como o desempenho fotossintético das plantas; gera condições de estoque de C no solo pela melhoria de sua aeração e porosidade, atributos por sua vez relacionados com a drenagem necessária para a manutenção de aquíferos e corpos d'água. Esses serviços ecossistêmicos podem ainda ser inter-relacionados a outros, como melhoria microclimática, conservação da biodiversidade, fertilidade do solo e produção de alimentos (BONAM, 2008; TREVISAN *et al.*, 2010; RONQUIN, 2010; WICK; INGRAM; STAHL, 2010; LOVELL; TAYLOR, 2013; LAL, 2004).

Enfocando a possibilidade de introdução desses serviços em meio urbano, a fim de alinhar o desenho e o planejamento das cidades à estratégia global de aumento da absorção biológica de carbono, torna-se necessário a compreensão do papel das florestas urbanas nesses processos.

O conceito adotado para o desenvolvimento dos raciocínios precedentes entende **floresta urbana** como a soma de toda a vegetação arbórea e a ela associada, existente em assentamentos urbanos ou a eles circundantes. Tanto oriunda de intervenções paisagísticas, quanto nascida naturalmente, inclui a vegetação ao longo das ruas e nos parques urbanos; em áreas abandonadas ou no interior dos lotes; em manchas florestais remanescentes ou em áreas de reflorestamento. Trata-se de um elemento dinâmico, que, conforme os critérios e fases de desenvolvimento da paisagem urbana, apresenta significativa diversidade de espécies sob os mais variados impactos (positivos ou negativos). Essas características levam ao entendimento de que a gestão da floresta urbana deve se dar de forma holística, entendendo sua relação com o sítio em que se encontra (NOWAK; CRANE, 2002; BRANKS; BRACK, 2003; ALVEY, 2006; NOWAK, 2006; McNEIL; VAVA, 2006; WU, 2008; SCHWAB, 2009; WALSH, 2012; grifo nosso).

Tais áreas são estratégicas pela possibilidade de prestação de **serviços ecossistêmicos urbanos**, que equivalem aos serviços ecossistêmicos florestais

supracitados, mas agregam os de natureza recreativa, educativa e estética, relacionados ao potencial de interação cultural desses espaços com as populações urbanas. Tem-se como exemplo o bem estar psicológico causado pela presença da vegetação nas vizinhanças e a crescente utilização de áreas de parque no Brasil para a realização de atividades de lazer (GILL *et al.*, 2007; WU, 2008; MACEDO *et al.*, 2009; LOVELL; TAYLOR, 2013).

Podem ainda ser relacionados uma gama de outros serviços ecossistêmicos de natureza biológica, mas que, decorrentes da interação da floresta urbana com as cidades, podem ser caracterizados como urbanos. Falam-se assim de benefícios como a absorção de poluentes e partículas, a prevenção e redução da erosão do solo, a purificação da água, o alívio da poluição sonora (WU, 2008).

Há entretanto ainda muito a se estudar sobre as florestas urbanas, os tipos de serviços ecossistêmicos por ela prestados, suas especificidades relacionadas com o sequestro de carbono, nas cidades, principalmente o realizado pelo solo urbano.

Chega-se assim à lacuna do conhecimento encontrada pelo presente estudo. Significativo montante das avaliações sobre a prestação de serviços ecossistêmicos relacionados ao ciclo de carbono se dá em áreas rurais. Há carência de trabalhos que abordem aglomerados urbanos, onde se desconhece a eficácia das florestas urbanas em desempenhar tais funcionalidades e que elucidem sua relação com o fluxo vertical de energia e matéria. Há, portanto, necessidade de análises que gerem informação científica e ofereçam indicadores para a avaliação da funcionalidade ambiental de certas intervenções paisagísticas, nas cidades, visando à introdução ou melhoria desses serviços em meio urbano e que objetivem a qualidade de vida e o alinhamento da paisagem urbana ao paradigma da sustentabilidade. Permanece também a necessidade de estudos que relacionem os processos morfológicos urbanos com a proposição de uma floresta urbana para esse fim direcionada e as implicações decorrentes sobre a forma da cidade e os tratamentos paisagísticos praticados (PELLEGRINO, 2000; HOBBS, 2003; FRISCHENBRUDER; PELLEGRINO, 2006; SÁNCHEZ, 2010).

Entende-se que a absorção de carbono por ecossistemas terrestres é a chave para a prestação de serviços ecossistêmicos urbanos. Com base nisso, este

estudo se propõe a elucidar características do sequestro de carbono em trechos diferenciados de floresta urbana, configurados por intervenções paisagísticas distintas.

Nesse sentido apresentam-se os seguintes objetivos:

- estudar comparativamente a eficiência do sequestro de carbono na biomassa florestal e no solo em diferentes tipos de floresta urbana em Belo Horizonte;
- fornecer indicadores de qualidade de serviços ambientais relacionados ao sequestro de carbono com base em modelos contrastantes de floresta urbana em Belo Horizonte;
- subsidiar a proposição de diretrizes paisagísticas baseadas no provimento de serviços ecossistêmicos relacionados ao sequestro de carbono.

Para alcançar esses objetivos, procedeu-se da seguinte maneira.

Por meio de pesquisa exploratória, com coleta de dados bibliográfica e documental sobre paisagem, morfologia urbana, ecologia da restauração, serviços ecossistêmicos – florestais e urbanos – e sequestro de carbono em ecossistemas terrestres, foi possível delimitar o universo de pesquisa e contextualizar o tema do trabalho.

Com a utilização do referencial teórico-metodológico sobre estudos da paisagem e da escola inglesa *Conzeniana* de morfologia urbana, a fim de focar o sítio como elemento componente do plano urbano da cidade de Belo Horizonte, delimitaram-se as áreas propícias para análise da prestação de serviços ecossistêmicos em meio urbano. A escolha se deu utilizando conceitos daquela escola relacionados à influência do meio onde a cidade foi instalada sobre a configuração de seu desenho urbano. São abordados conceitos como cobertura e suporte da paisagem, sistemas natural e antrópico, linhas de fixação e *fringe belts*, em conjunto com a análise das características bióticas e abióticas do sítio de Belo Horizonte. Esse estudo por sua vez, instrumentalizado pela análise do processo de implantação do plano urbano da cidade, trouxe o foco à singularidade da Região Administrativa Centro-Sul de Belo Horizonte, onde foram identificados os seguintes

trechos de floresta urbana a serem analisados: Parque Municipal Américo Renê Giannetti (unidade de *fringe-belt* interno), Parque Municipal das Mangabeiras (unidade de *fringe belt* externo) e Praça Raul Soares, elemento componente do tecido urbano da área central da cidade. O estudo permitiu ainda elencar o Parque Municipal das Mangabeiras, dado o significativo grau de preservação da vegetação nativa existente, como área de referência para análise da prestação de serviços ecossistêmicos em meio urbano pelos outros trechos de floresta urbana, em conformidade com os princípios da recente escola da biologia, denominada Ecologia da Restauração.

Após a escolha da área realizaram-se procedimentos para estimativa do sequestro de carbono nos trechos selecionados para estudo, onde foram amostradas 5 parcelas de 50 m² em cada uma, com base nos procedimentos estabelecidos por Arevalo, Alegre e Vilcahuaman (2002), trabalho conjunto entre o *International Centre for Research in Agroforestry* (ICRAF) e a Embrapa Florestas. Envolveram a medição do diâmetro na altura do peito das árvores existentes e coletas de serrapilheira – vegetação depositada naturalmente sob o solo, responsável pela formação de húmus – e vegetação arbustiva e herbácea – para estimativa do carbono estocado na biomassa aérea das áreas. Foram também realizadas amostras de solo em todas as parcelas para análise laboratorial da quantidade e características do carbono orgânico estocado no solo (COS). No Parque Municipal das Mangabeiras, entretanto, as amostragens de serrapilheira, vegetação arbustiva e solo foram realizadas em dobro, em virtude da adoção do local como área de referência.

Em sequência estimou-se a biomassa aérea das parcelas amostradas em cada trecho de floresta urbana, com base nas metodologias de Arevalo, Alegre e Vilcahuaman (2002) e do *International Panel on Climate Change* (IPCC).

Enviaram-se amostras de solo colhidas em cada parcela amostrada, nos trechos de floresta urbana para análises laboratoriais de: fertilidade do solo – concentração de carbono orgânico no solo –, concentração de substâncias húmicas e análise de isótopos estáveis.

Analisaram-se criticamente os resultados em relação, aos processos morfológicos, ao histórico e ao tratamento paisagístico de cada área, considerando o

parque municipal das mangabeiras como área de referência para a introdução ou melhoria de serviços ecossistêmicos urbanos.

Com base nos resultados, elencaram-se possíveis diretrizes paisagísticas para a introdução ou melhoria de serviços ecossistêmicos em meio urbano, a fim de propiciar um uso significativamente mais sustentável das florestas urbanas ao longo ou em torno das cidades.

A divulgação da associação do funcionamento da floresta urbana à prestação de serviços ecossistêmicos urbanos, em especial os relacionados ao sequestro de carbono é importante. Promove a percepção de funcionalidades das áreas verdes no sistema de espaços livres urbano, em especial as arborizadas, diverso das não menos importantes, mas mais notórias, de contemplação ou de lazer. Esse entendimento evidencia os prejuízos ambientais em possíveis supressões de áreas ou árvores componentes da floresta urbana de uma cidade.

Em contrapartida, destaquem-se os ganhos ambientais advindos no aumento do percentual de áreas verdes arborizadas no sistema de espaços livres ou mesmo expansão dessas áreas, observadas as condições necessárias para a prestação de serviços ecossistêmicos.

Evidencia-se, então, após o exposto, que a relevância do tema desta pesquisa se dá pelo significativo papel que as florestas urbanas podem exercer na prestação de serviços ecossistêmicos relacionados ao ciclo de carbono, com a possibilidade de introdução no meio urbano de áreas orientadas para a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

No segundo capítulo apresenta-se o referencial teórico utilizado para o desenvolvimento desta dissertação. Organizado em dois blocos, procura instrumentalizar as análises necessárias para o estudo de caso.

O primeiro bloco aborda conceitos referentes à paisagem urbana como produto de suas camadas de formação e a relação entre os sistemas natural e antrópico. Enfocam-se elementos referentes à escola inglesa de morfologia urbana, sobretudo os relacionados a atributos de escala geográfica, como linhas de fixação e faixas de hiatos urbanos – *Fringe belts*. Também são levantados aspectos dinâmicos e estáticos relacionados à permanência da vegetação na cidade e configuração da

floresta urbana, aspectos esses que subsidiaram a escolha das áreas de estudo. Sobretudo é abordada a Escola da Ecologia da Paisagem, enfocando principalmente as características funcionais da paisagem, com atenção especial ao fluxo vertical de energia e matéria proporcionado pelas florestas urbanas.

No segundo bloco, procuram-se abordagens que clarifiquem a relação entre esse fluxo vertical e a prestação de serviços ambientais pelas florestas urbanas. Apresentam-se os princípios da Escola da Ecologia da Restauração, a possibilidade de ações de recuperação ecológica em meio urbano e os conceitos necessários para a quantificação e qualificação do sequestro de carbono. Por essa abordagem, discutem-se a dinâmica e os elementos envolvidos na instalação do ciclo do carbono e do paralelo de nutrientes que possam ser indicadores de serviços ecossistêmicos em trechos de floresta urbana. Pelo estudo dessas dinâmicas aborda-se ainda como elas podem se refletir, na paisagem, em um funcionamento com tendências sintrópicas ou entrópicas.

Por fim são apresentados os materiais e métodos utilizados para a realização dos estudos, todos balizados pelo referencial teórico acima descrito. Ressaltem-se as variáveis adotadas para aferição do grau de implantação de serviços ecossistêmicos, em trechos de floresta urbana.

No terceiro capítulo, o estudo é contextualizado geográfica e administrativamente, para, em sequência serem selecionados os trechos de floresta urbana aptos para análise. Na Administração Regional Centro Sul, pela conjunção dos aspectos geomorfológicos do sítio, da camada vegetação pré-existente e da implantação do sistema antrópico sobre a área, escolhem-se os seguintes trechos de floresta urbana: Parque Municipal das Mangabeiras, Praça Raul Soares e Parque Municipal Américo Renê Giannetti.

O quarto capítulo, por sua vez, destina-se à descrição das áreas selecionadas. Aborda a concepção paisagística do trecho sob análise, os processos morfológicos relativos às superfícies rígidas, suaves e de água, bem como as variações do estrato arbóreo. Proporciona uma aproximação de escala, para trazer luz às especificidades da implantação do sistema antrópico sobre o natural e aos atributos paisagísticos a serem relacionados com o desempenho ambiental de cada trecho.

Já, no quinto capítulo, procura-se investigar o grau de implantação de serviços ecossistêmicos urbanos, com base nas variáveis apontadas no segundo capítulo. É feita a caracterização da amostragem realizada em cada área, com a indicação dos pontos coletados. Procede-se, em sequência, à análise comparativa das variáveis de desempenho ambiental, nas áreas de estudo, cujos resultados depois são agrupados em um mapa perceptual de componentes principais.

Por fim, no sexto capítulo, com referência nas informações depreendidas nos capítulos quarto e quinto, são levantados os atributos paisagísticos de cada área. Com base neles, são propostas diretrizes paisagísticas orientadas para a implantação ou requalificação funcional de trechos de floresta urbana.

Contextualizando as possíveis contribuições do presente trabalho à academia, de acordo com Japiassu (1976), por vezes a conduta traçada por uma organização disciplinar passa pela conduta de outra, ambas permanecendo inalteradas. Mas, em outros momentos, esse contato proporciona que ambas se alterem, ocorrendo o confronto da totalidade das disciplinas cooperantes, no qual, cada uma se arrisca e se modifica pela outra. Evidencia-se uma prospectiva da totalidade das disciplinas em colaboração e o problema da comunicação se converte em uma metodologia propriamente interdisciplinar.

Essa é uma das possíveis contribuições do presente estudo para a academia. Procura, por meio da cooperação entre duas recentes organizações disciplinares, a Escola Inglesa de Morfologia Urbana *Conzeniana*, e a Escola da Ecologia da Restauração, esboçar uma abordagem interdisciplinar sobre a paisagem urbana.

A Escola Inglesa de Morfologia Urbana proporciona a leitura dos processos de configuração da forma urbana, por meio de uma abordagem histórica e temporal. Mas o seu referencial teórico concentra-se na análise das superfícies construídas – ou rígidas – sem ainda se aprofundar nas pesquisas referentes às superfícies suaves – ou vegetadas. Tampouco são abordados os benefícios e funcionalidades que tais áreas, que podem ser associadas ao termo floresta urbana e à qualidade de vida nos centros urbanos.

Já a Escola da Ecologia da Restauração, ao procurar aglutinar os atuais preceitos e métodos relacionados às práticas de recuperação ecológica, pode

instrumentalizar a leitura e implantação de funcionalidades ambientais. No entanto carece de práticas e análises, em trechos de floresta urbana, cuja configuração pode ser esclarecida, pelo estudo dos processos morfológicos relacionados aos elementos complexos da forma – plano urbano, tecido urbano e uso do solo – amplamente estudados pela morfologia urbana.

Entretanto, a comunicação entre essas Escolas pode contar com um terceiro elemento facilitador: a organização disciplinar em torno dos estudos da paisagem, em especial, a Escola da Ecologia da Paisagem. Instrumentaliza a leitura do arranjo dos elementos paisagísticos no meio urbano, facilitando a contextualização da floresta urbana em meio aos processos morfológicos. Mas salienta a relevância de pesquisas sobre a funcionalidade ambiental de seus componentes, por meio da qual é possível a mudança qualitativa dos espaços e a manutenção ou recuperação da estabilidade ambiental. Possibilita a percepção da floresta urbana perante as formas urbanas complexas e facilita a utilização de práticas de recuperação ambiental, no meio urbano.

Contudo, deve-se ressaltar que, quando surge a oportunidade do encontro interdisciplinar entre duas ou mais escolas, favorece-se também a emergência da transdisciplinaridade (OLIVEIRA, 2005).

De acordo com a autora, a contemporaneidade encontra-se marcada por uma crise de fragmentação do ser humano, em seus aspectos racionais e subjetivos. Trata-se de uma crise ecológica, civilizatória, do conhecimento, da ética, da percepção, que, para o seu enfrentamento torna-se necessária uma postura transcultural de respeito pelas diferenças, de cooperação e de busca por uma convivência harmoniosa com a natureza.

Daí a importância do alinhamento dessa pesquisa com a sustentabilidade. Esse paradigma ainda em construção, de característica transdisciplinar, oferece uma nova abordagem científica, cultural e social. Propicia – conforme tratado no II Congresso Mundial de Transdisciplinaridade – um enfoque sincrônico entre as disciplinas, através das disciplinas e além de qualquer disciplina, baseado em três preceitos básicos: a complexidade, o reconhecimento de diferentes níveis de realidade e a lógica do terceiro incluído (VIEGAS, 2005).

Assim a investigação interdisciplinar dos engates e das possibilidades de colaboração entre as Escolas de Morfologia Urbana Inglesa, Ecologia da Restauração e da Ecologia da Paisagem pode gerar novos conhecimentos em resposta à crise contemporânea.

Os estudos realizados contaram com o apoio do Laboratório da Paisagem da Escola de Arquitetura e do Laboratório de Recuperação de Áreas Degradadas do Instituto de Ciências Biológicas, ambos da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O trabalho coordenado dessas instituições contribuiu para a investigação de interseções entre urbanismo e ciências biológicas, visando à concepção de princípios paisagísticos que instrumentalizem a proposição de uma paisagem urbana alinhada com o paradigma da sustentabilidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Floresta urbana na paisagem

Este primeiro bloco de referencial teórico objetiva apresentar formas de conceituação e leitura da paisagem urbana a fim de instrumentalizar a escolha das áreas do estudo de caso. Embasam dessa forma a análise de sequestro de carbono em trechos diferenciados da floresta urbana de Belo Horizonte.

2.1.1 Paisagem como produto

Para entendimento da configuração das florestas urbanas na paisagem, procuraram-se, neste item, visões que, combinadas, levam ao entendimento do ambiente como produto da superposição de camadas abióticas e bióticas, ambas sujeitas à impactante ação antrópica. Relata-se assim como tais influências configuram a distribuição da floresta urbana na paisagem, bem como os processos inerentes a esse fenômeno.

O primeiro elemento a ser considerado para a compreensão do das características da floresta urbana em dada cidade é sua localização no sítio. Anterior à implantação do plano urbano, deve-se conhecer e compreender os atributos da paisagem então existente. Segundo Spirn (1995) os recursos oferecidos e as dificuldades impostas pelo sítio a uma cidade compreendem uma estrutura duradoura, com a qual diversas gerações terão que lidar. Assim a primeira decisão de ocupação da área em que está instalada – o ato de posse do lugar a partir do qual ela se desenvolverá – é talvez a mais importante, pois repercutirá na qualidade de vida de seus moradores ao longo do tempo, influenciando constantemente medidas de gestão territorial.

Abordagem trazida por Marcel Delpoux, em 1974, clarifica a percepção desse processo por meio do entendimento da paisagem como produto. Permite sua leitura como uma série biofísica complexa, formada por dois elementos fundamentais: suporte e cobertura. Como suporte compreendem-se as características geológicas – orogênese, estratigrafia e litologia; e cobertura, os aspectos climáticos, biogeográficos e antrópicos. A paisagem seria então produto da relação entre suporte e cobertura, unidades que se transformam ao longo do tempo

e do espaço, de cujas variadas combinações resultam os mais diversos tipos de paisagens conhecidos (DELPOUX, 1974).

Cabe ressaltar que as diversas configurações resultantes desse produto podem ser agrupadas em unidades de paisagem distintas. De acordo com Pellegrino (1987) os sistemas naturais e antrópicos encontram-se integrados em diversas unidades ecológicas. Essas unidades, por sua vez, inter-relacionam-se mutuamente numa hierarquia espacial, em diversas escalas, possibilitando a percepção de um mosaico de paisagens, resultado de diferentes interações entre o sistema natural – formas de relevo – e antrópico – uso do solo. Conforme o produto dessas interações, certos trechos da paisagem podem ser agrupados em conjuntos distintos, que podem ser chamados de Unidades de Paisagem (UP).

Tanto os apontamentos de Delpoux (1974), quanto os de Pellegrino (1987), vão ao encontro dos de McHarg (1969), em seu livro *Design With Nature*, sob um contexto no qual as pesquisas da ecologia tradicional na época que enfocavam o meio ambiente possuíam ênfase mínima nas influências antrópicas, inova ao propor um **método de planejamento ecológico de caráter abrangente**. Tal método enfoca sítios de domínio antrópico, estabelecendo uma etapa de diagnóstico multidisciplinar a ser interpretado com ênfase no seu significado sobre as necessidades humanas. Essa abordagem proporcionou duas inovações. Uma, a descoberta de que as demandas de vários cientistas ambientais poderiam ser organizadas por meio do emprego de uma cronologia, iniciando a investigação pela evidência mais antiga, procurando-se alcançar, em sequência, a situação presente. Outra, a descoberta, ainda que colateral, foi a da representação de regiões em "camadas de bolo", a partir da geologia do pleistoceno, seguida pela meteorologia, todas reinterpretadas para explicar a hidrologia e a fisiografia dos aquíferos, para, em sequência, explicar a hidrologia superficial, solos, vegetação, fauna, culminando, finalmente, no uso do solo. Foi possível alcançar assim uma descrição de um modelo biofísico que proporciona a possibilidade de prospecção de cenários com máximo e mínimo impacto (McHARG, 1992, grifo nosso).

Entretanto, cabe ainda maior detalhamento da camada uso do solo ou da ação antrópica, a fim de se entender a paisagem das cidades e a configuração da floresta urbana, como elemento integrante ou circundante. Tal percepção pode ser

instrumentalizada por meio de certos conceitos da escola inglesa *Conzeniana* de morfologia urbana, apresentados a seguir.

2.1.2 Floresta urbana e a escola inglesa *Conzeniana* de morfologia urbana

Para entendimento das florestas urbanas sob o ponto de vista da morfologia urbana – no caso abordado, a escola inglesa *Conzeniana* (M. R. G. CONZEN, 1966; M. P. CONZEN, 2001; HOPKINS, 2003; 2013, WHITEHAND, 1992) – é importante que se estabeleçam os princípios dessa teoria. Para tanto, neste item, são apresentados conceitos sobre morfologia urbana, necessários para instrumentalizar a análise da formação da floresta urbana nas cidades. Tais conceitos são apresentados, em escalas variadas, iniciando-se na do território, até aproximar-se na escala tipológica dos lotes, abordando-se, em sequência, a relação das formas complexas da cidade com o elemento vegetação, sob dois enfoques: um estático e outro dinâmico.

Fundada por M. R. G. Conzen, a linha de pensamento da morfologia urbana, de influência alemã, remonta ao fim do século XIX. A premissa adotada por M. R. G. Conzen era a de que, a fim de compreender a relação entre as formas no espaço, é necessário também compreender os processos de sua formação no tempo. A morfologia urbana, portanto, requer uma dimensão temporal, bem como uma dimensão espacial a serem incluídas no estudo da paisagem urbana. Em segundo lugar, esse estudo da paisagem urbana é melhor alcançado por meio do estudo dos seus componentes, as relações entre eles e como essas relações mudam ao longo do tempo. Permite assim a reconstrução do desenvolvimento histórico das configurações físicas das áreas urbanas (HOPKINS, 2003; WHITEHAND, 2013).

Os estudos propagados por M. R. G. Conzen reconhecem a paisagem urbana por meio de sua divisão tripartida, ou hierarquia dos complexos da forma: o plano da cidade, o tecido urbano e o uso do solo. O estudo da estrutura física e espacial das cidades permite assim que ela possa ser lida e analisada conforme os processos de formação e transformação. O plano urbano, por sua vez, pode ser entendido por meio da análise dos seguintes elementos físicos fundamentais: o sítio e sua geomorfologia, o sistema viário, o padrão de parcelamento das quadras e dos lotes e os edifícios, bem como os **espaços abertos correlatos às formas**

construídas. A morfologia urbana permite ainda uma análise em diferentes graus de resolução: o edifício e seu lote; a rua e o quarteirão – conformadores do tecido urbano –, a cidade e a região, considerando ainda a dimensão temporal dos processos de ocupação e modificação sofrida por tais elementos. Percebe-se assim que a forma urbana deve ser entendida por meio de três elementos fundamentais: forma, resolução e tempo (M. R. G. CONZEN, 1966, p. 9; MOUDON, 1997, p. 7; HOPKINS, 2003, p. 26; ROSANELI; SHACH-PINSKY, 2008, p. 3, grifo nosso).

Esse posicionamento parece ter sido recepcionado por M. R. G. Conzen (1966, p. 9), ao considerar o sítio como um dos quatro elementos conformadores do Plano Urbano, juntamente com o sistema viário, o padrão de parcelamento dos lotes e a implantação das edificações. Nesse caso, os atributos pré-existentes do sítio e sua geomorfologia influenciam a forma urbana, moldando exteriormente um plano de desenvolvimento, ou os tecidos urbanos.

Elemento que merece destaque para o estudo dessa influência sobre a configuração da paisagem urbana são as **linhas de fixação**. Apresentam-se na paisagem como formas gravemente lineares, relacionadas a alguma fase estacionária, ou de consolidação, da borda urbana, muitas vezes definindo o surgimento de unidades de faixas de hiato urbano, *fringe belts*. Exemplificadas de diversas formas, como muralhas de defesa, rodovias e rios (WHITEHAND, 2013; M. P. CONZEN, 2001), em essência, constituem barreiras ou linhas indutoras do crescimento urbano (M. R. G. CONZEN, 1966; HOPKINS, 2003; WHITEHAND, 2013; M. P. CONZEN, 2001; HOPKINS, 2003, grifo nosso).

Assim, o foco na investigação fica na identificação elementos diversos na paisagem, inclusive os relacionados aos atributos do sítio e sua geomorfologia, que influenciam dessa forma o padrão de desenvolvimento da cidade.

Nesse sentido o estudo dos diversos atributos físicos sítio em que a cidade se encontra é importante para o entendimento dos processos morfológicos de configuração da paisagem urbana e dos mecanismos ou do sistema do qual resulta a floresta urbana na região e suas especificidades.

Cabe observar, entretanto, que o sítio, por sua vez, abriga ou abrigou processos ecossistêmicos produzidos pelas interações entre fatores bióticos e

abióticos. Esses são espacialmente variáveis, em diversas escalas, devido a regimes climáticos, tipos de solo, relevo, impondo variabilidade espacial na estrutura e nos processos dos ecossistemas. Já aqueles se relacionam com a composição de espécies presentes no ecossistema e seus comportamentos ecofisiológicos – ligados às interações com o meio ambiente (LOPES; SILVA; VALERIANO, 2003, p. 1.347).

Dessa forma, a percepção das características da paisagem atual e anterior à ocupação pretendida, dá indícios sobre os serviços ecossistêmicos prestados ou potenciais, inerentes à floresta urbana em uma determinada localidade. Ajuda também a entender o valor de determinadas faixas de hiatos urbanos – *fringe belts* –, cujos processos morfológicos propiciaram a preservação de tais características, mesmo que em graus diferenciados.

2.1.3 Faixas de hiatos urbanos – *fringe belts*

Significativamente relacionadas com as características do sítio em que se instala o plano urbano, são as faixas de hiatos urbanos – *fringe belts*. São zonas periféricas e sucessivas que contornavam uma urbanização medieval, cristalizando os processos expansivos da cidade, com usos do solo distintos do residencial. Sempre intercalado por áreas predominantemente residenciais, esse fenômeno é também identificado nas cidades contemporâneas, constituindo faixas mais irregulares e menos estruturadas, apresentando menor ordenamento do que o parcelamento que as circundam ou intercalam (M. R. G. CONZEN; M. P. CONZEN, 2004; PEREIRA COSTA; MACIEL, 2009a; REGO; MENEGUETTI, 2011; SIMÃO, 2012).

São relacionados ao processo de estagnação e posterior expansão da dinâmica imobiliária. Conforme a ocorrência desses ciclos é possível classificar as faixas de hiatos urbanos – *fringe belts* – como internos, intermediários e externos. Repercutindo a intermitente expansão dos tecidos urbanos. Inicialmente tais faixas seriam classificadas como *fringe belts* externos, mas conforme o ciclo de expansão da cidade, no surgimento de uma segunda faixa, o primeiro *fringe belt* passaria a ser denominado como interno e o atual, como externo. Na mesma linha de raciocínio, caso ocorram mais um ciclo, com a criação de outro *fringe belt*, esse passaria a ser denominado como externo, passando o anterior à denominação de *fringe belt*

intermediário (WHITEHAND, 2013, p. 47-50; M. P. CONZEN, 2001, p. 9; HOPKINS, 2003, p. 55; PEREIRA COSTA; MACIEL, 2009a, p. 8; SIMÃO, 2012).

A localização dessas faixas de hiatos urbanos, por sua vez, pode ser condicionada por meio de causas variáveis, como uma **linha de fixação** ou pela própria diminuição ou exaustão da dinâmica imobiliária. São assim encontrados ao longo ou perto desses elementos na paisagem, tendendo a manter, mesmo após um novo ciclo de expansão habitacional, características de sua origem. Seus atributos físicos incluem áreas contíguas, por vezes vegetadas, frequentemente intercaladas por edifícios de uso institucional, ausência de habitação, baixo índice de ocupação e uma rede viária esparsa com baixa possibilidade de penetração por veículos. (WHITEHAND, 2013, p. 47-50; M. P. CONZEN, 2001, p. 9; HOPKINS, 2003, p. 55; PEREIRA COSTA; MACIEL, 2009b, p. 8, grifo nosso).

Os *fringe belts* abrem campo para a exploração da coexistência das formas em seus diferentes níveis hierárquicos, permeadas ou compostas por trechos de floresta urbana. No caso de grandes formas, como as instituições em seus terrenos, o padrão das ruas e a trama de usos do solo muitas vezes definem o mesmo espaço – utilizando-se a noção de uso do solo como controle de propriedade. De fato, várias grandes instituições, como a Universidade de Birmingham, na Inglaterra, o aeroporto da Pampulha, em Belo Horizonte, e a Universidade de Brasília – ocupam vários quarteirões. Em outros casos o uso funcional da terra resultará na ausência de formas construídas, como no caso de alguns campos para jogos e parques, sendo ausente ou menos presente o nível hierárquico do tecido urbano. Dentro dessas propriedades existem, no entanto, subdivisões de usos funcionais, os quais terão implicações ecológicas importantes. As definições da morfologia urbana podem ser utilizadas para se distinguir entre superfícies rígidas (estradas e construções) como o tecido construído, e superfícies suaves (significativamente vegetadas) como a fração remanescente da paisagem urbana não edificada. Ressalte-se que, no entanto, não foram desenvolvidos estudos suficientes para se distinguir e se obter classificação entre os diferentes tipos de superfícies suaves. Contudo, é inegável a constituição dos *Fringe belts* como potenciais componentes da floresta urbana. Seus processos morfológicos propiciam a incorporação, no tecido urbano, de importantes habitats, com significativo nível de preservação e taxas de modificação significativamente

inferiores às encontradas em outras formas de desenvolvimento urbano. Tais áreas seriam então estratégicas por serem propícias a preservar, em algum grau, características bióticas e abióticas do sítio (HOPKINS, 2003, p. 26; 2012, p. 42).

2.1.4 Floresta urbana e os processos morfológicos – relação com o plano urbano

Com base no exposto cabe ressaltar que existem poucos estudos em morfologia urbana direcionados a uma relação mais direta entre a vegetação e os processos morfológicos (HOPKINS, 2003; 2012; 2013; PEREIRA COSTA; MACIEL, 2009a; REGO; MENEGUETTI, 2011; SIMÃO, 2012). De acordo com o referencial teórico-metodológico dominante na escola de morfologia *Conzeniana*, nas análises do plano urbano, o foco está no padrão de parcelamento, no uso do solo e na taxa de ocupação característicos dessas áreas (HOPKINS, 2013). Mas, na construção teórica sobre as três formas complexas – plano urbano, tecido urbano e uso do solo – existem indícios sobre o lugar da floresta urbana na cidade. Esse entendimento pode ser buscado pela observação do tipo de relação entre essas formas: se estática ou dinâmica (HOPKINS, 2013).

Nas **relações estáticas**, a relação hierárquica é essencialmente espacial. O "plano da cidade" abriga a vegetação e, por meio de seu padrão de parcelamento, constitui a estrutura física que a recebe. O padrão de uso e ocupação do solo, juntamente com suas unidades, abrigam, por sua vez, o tecido construído. Nesse tipo de relação, a distinção se dá entre a vegetação que, assim como o tecido construído, "preenche" áreas determinadas, como parques ou jardins residenciais, e aquelas criadas para desempenhar um papel na paisagem como a inserção, ao longo das ruas, de árvores ou a vegetação às margens de rodovias. Nesse, a floresta urbana é componente estrutural da malha urbana; naquele, ocupa o mesmo nível hierárquico do tecido urbano (HOPKINS, 2013, grifo nosso).

Entende-se então que a floresta urbana surge como elemento que preenche áreas determinadas, obedecendo a um padrão de parcelamento preexistente, como parques, jardins, demarcação de caminhos ou terrenos, concebida dessa forma como componente intencional da paisagem da cidade. Observa-se a permanência desses espaços ao longo das décadas, cuja origem, em diversos planos urbanos e a sua correlação com políticas públicas específicas,

parecem exemplificar a abordagem de Hopkins (2013) sobre a ligação entre a presença da vegetação nas cidades e a relação estática com os elementos da forma complexa da cidade.

Já, nas **relações dinâmicas**, a abordagem inicia-se sob o ponto de vista morfogênético (histórico e temporal) e são relacionadas com as taxas de modificação das formas complexas ao longo do tempo, em resposta às diversas demandas funcionais. Como o plano urbano e, em menor escala, os tecidos urbanos tendem a ser mais conservadores na manutenção de suas formas ao longo do tempo, da mesma forma, se comportaria a vegetação associada a cada um desses elementos. Nas áreas onde a floresta urbana se relaciona com os limites das propriedades e outros elementos componentes do plano urbano, seria de se esperar maior permanência na paisagem. Já nas áreas influenciadas pelos processos relacionados ao uso do solo, refletindo mais diretamente os impulsos da transformação funcional, a vegetação herdaria a mesma dinâmica, modificando-se conforme as mudanças demandadas, ou mesmo, desaparecendo (CONZEN, 1966; HOPKINS, 2013, grifo nosso).

Sob esse enfoque a presença da vegetação é condicionada às modificações das formas complexas ao longo do tempo, herdando o grau de permanência do elemento estrutural ao qual é relacionada. Assim, nas cidades em que é associada ao plano urbano ou ao tecido urbano, por natureza mais conservadores, há maior possibilidade de sua permanência. Mas, em tipologias associadas às dinâmicas do uso do solo, mais mutável por natureza, como as áreas internas aos lotes, dificilmente será mantida, caso não existam políticas aplicadas para sua manutenção.

Após o estudo das possíveis relações o sítio e a forma da cidade, conformadores da floresta urbana, surge a necessidade de se abordar a relação entre sua estrutura e função na paisagem urbana. A percepção dessa dinâmica deve se iniciar perante a contextualização da floresta urbana junto a certos preceitos da Ecologia da Paisagem.

2.1.5 Floresta urbana e a ecologia da paisagem

Os princípios elencados na Escola da Ecologia da Paisagem são importantes para este estudo, pois, não só instrumentalizam a leitura da

configuração das florestas urbanas ao longo do território, como corroboram com a necessidade de investigação da funcionalidade desse elemento e seu potencial de modificação da qualidade de vida nos centros urbanos (FORMAN; GODRON, 1986).

De acordo com Hopkins (2003) essa escola prima por combinar a abordagem horizontal do geógrafo, ao examinar a interação espacial de um fenômeno natural, com a abordagem vertical do ecologista, ao estudar a interação funcional em um determinado sítio.

Pode-se conceber a paisagem como um sistema, composto por seres vivos, em diversas escalas e arranjos, cujas principais características seriam estrutura, função e mudança. Por estrutura, entende-se o arranjo espacial ou dos elementos paisagísticos; **função**, o movimento de energia, matéria e seres vivos, enquanto **mudança**, abarcaria a alteração no padrão espacial e na função ao longo do tempo (FORMAN; GODRON, 1986; DRAMSTAD *et al.*, 1996; PELLEGRINO, 2000, grifo nosso).

Estruturalmente, as **florestas urbanas** seriam compostas pelo conjunto, muitas vezes heterogêneo, de **manchas, corredores e matrizes** vegetadas, distribuídas nas mais diversas formas e padrões, no interior dos aglomerados urbanos e a eles circundantes. Seu papel é estratégico para a manutenção de conectividades desejáveis entre espécies na paisagem e na mitigação de impactos ambientais, observadas a funcionalidade e o grau de modificação ao longo do tempo (PELLEGRINO, 2000, grifo nosso).

Mas como qualificar a função, propiciando mudanças na paisagem que agreguem qualidade de vida nos centros urbanos e alinhem a forma urbana a um modelo mais sustentável?

Modificações estruturais na paisagem devem então ser acompanhadas da respectiva qualificação funcional. Isso envolve, no caso de intervenções na floresta urbana, propostas de *design* paisagístico que promovam melhoria do fluxo vertical de matéria e energia. Essa qualificação demonstra-se necessária para majorar a eficiência da estrutura – existente ou proposta – no provimento de serviços ambientais urbanos. Não se trata de investigar a conformação das florestas urbanas, ou o fluxo genético de espécies ao longo de manchas, corredores e matrizes. Mas a relação entre energia, ar, vegetação e solo, da qual pode decorrer uma sucessão de

serviços ecossistêmicos urbanos, aplicáveis a qualquer estrutura. Dentre os mais significativos benefícios decorrentes da qualificação vertical do fluxo, encontra-se a drenagem natural dos solos e a manutenção da disponibilidade de água doce para os centros urbanos.

Visando ao esclarecimento da relação entre a introdução, melhoria e monitoramento desses serviços ambientais com o fluxo de energia e matéria, nas florestas urbanas, segue o segundo bloco de referencial teórico.

2.2 As florestas urbanas e a ecologia da restauração

Este segundo bloco de referencial teórico destina-se a instrumentalizar a análise do desempenho no sequestro de carbono em trechos diferenciados e contrastantes de floresta urbana em Belo Horizonte. São abordados conceitos necessários para a quantificação, classificação e qualificação de diferentes dinâmicas ao longo das áreas selecionadas para estudo. Dentre eles, elencam-se os preceitos da Escola da Ecologia da Restauração, o comportamento entrópico ou sintrópico dos sistemas e as dinâmicas relacionadas ao eficiente sequestro de carbono em ecossistemas florestais e urbanos, possíveis indicadores para análise.

2.2.1 Ecologia da restauração e recuperação ecológica

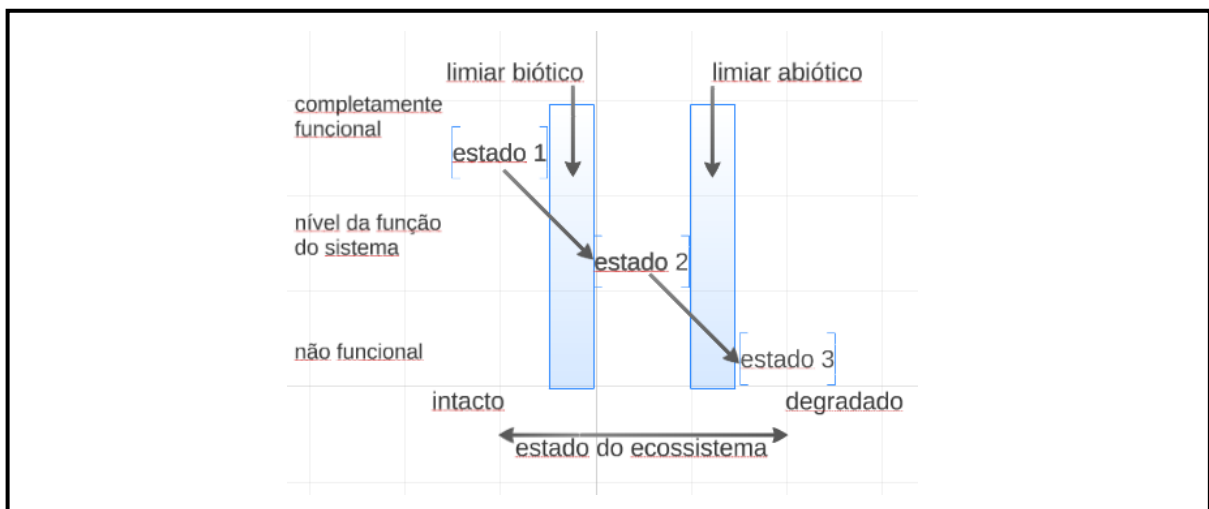
A análise do desempenho das áreas a serem definidas no estudo de caso baseia-se nos procedimentos e conceitos estabelecidos pela recente ciência da Ecologia da Restauração, a qual agrupa o referencial teórico-metodológico para o desenvolvimento de ações de recuperação ecológica. É importante se fazer a distinção entre os dois conceitos, pois enquanto esse refere-se à **prática** direcionada à recuperação de ecossistemas destruídos, degradados ou danificados; já aquele indica a **escola**, ou seja, a **fundamentação científica** que subsidia tais práticas. Ressalte-se que a Ecologia da Restauração é uma ciência ainda em consolidação, havendo muito o que se desenvolver em termos de conceitos, métodos e bases socioeconômicas, salientando-se a importância de estudos baseados no referencial teórico a ser abordado (HARRIS; DIGGELEN, 2006; HOBBS, 2007, p. 347, grifo nosso).

Para se recuperar um ecossistema, deve-se entender seu funcionamento antes de ser modificado ou degradado, para então, restabelecê-lo ou reinstalar seus

processos essenciais. Entretanto, é importante considerar que sua dinâmica venha a ser complexa, não linear e imprevisível. No campo da ecologia aplicada é, pois, significativo o entendimento sistêmico de todas as variáveis envolvidas na recuperação ecológica, visando a adoção do tipo correto de intervenção requerida. Estudos contemporâneos envolvendo a recuperação ecológica ressaltam a importância de se reconhecer quando o sistema ecológico está propenso a se regenerar por meio de seus processos autogênicos ou quando ele necessita de esforços ativos de recuperação. Isso envolve o reconhecimento dos limiares bióticos e abióticos, barreiras essenciais que permitem avaliar o grau de degradação.

A figura 1 ilustra a abordagem feita por Hobbs e Norton (1996) e Hobbs e Harris (2001) a respeito dos estados dos ecossistemas e a transição entre ambientes intactos para degradados. Os estados são indicados em caixas, e as possíveis transições são representadas por flechas. Os limiares ecológicos que definem a passagem de um estado menos degradado a um mais degradado estão indicados pelas barras sombreadas verticais.

Figura 1 – Estados de funcionalidade dos ecossistemas e a transição entre ambientes intactos ou degradados, estabelecidos pela quebra dos limiares ecológicos biótico e abiótico



Fonte: HOBBS, 2007.

Aqui se apresentam os dois principais limiares existentes entre sistemas degradados e preservados ou intactos. O primeiro limiar refere-se a perdas bióticas e, geralmente, envolve comprometimento irreversível de elos bióticos e de suas respectivas resiliências. Ex.: perda de espécies ou de elos microbianos dos ciclos biogeoquímicos. Nesse quadro, referente ao estado 1, os procedimentos de

recuperação são denominados **restauração ou enriquecimento**. O cruzamento do segundo limiar – o abiótico – refere-se ao estado 3. Caracterizado pela ausência de resiliência, pode resultar em um processo final de desertificação, caso não haja intervenção antrópica. O procedimento de recuperação é denominado **reabilitação**. Demanda, normalmente, **modificação física** para se direcionar os sistemas a um novo nível de estabilidade e pode ser associado a melhorias implementadas pelo estabelecimento de uma nova função. Entre os dois limiares – estado 2 – o ecossistema requer ações como a reintrodução de espécies, entretanto não é preciso intervir no meio físico. Nesse caso, o procedimento de recuperação é conhecido como **revegetação ou reflorestamento** (HARRIS; DIGGELEN, 2006; HOBBS, 2007, p. 347, grifo nosso).

Com a observação dos limiares ecológicos rompidos pelo sítio, a Ecologia da Restauração estabelece que se adotem **metas objetivas de recuperação** ecológica, que permitam, sobretudo o monitoramento do sucesso das intervenções escolhidas. Isso é importante, dada a complexidade de fatores envolvendo esse processo, sendo o realinhamento de ações, por vezes necessário. Mas como propor tais metas? Com base em que se estabeleceriam os critérios de intervenção e monitoramento? Sugere-se, no caso, que se adote uma **área de referência**, apta como modelo de comparação (HOBBS; HARRIS, 2001; HOBBS, 2007, grifo nosso).

Nesse caso, de acordo com a Ecologia da Restauração, há o entendimento de que, quando o limiar abiótico já foi há muito ultrapassado – caso da maioria dos sítios urbanos – pode-se utilizar, alternativamente, um sistema próximo como modelo funcional a fim de se aferir as prováveis intervenções a serem adotadas. Assim é possível estabelecer as metas de restauração, não embasados no que a área sob estudo foi, mas no que se deseja que ela **venha a se tornar**, dado o distanciamento da condição natural ou o contexto em que se insere, mas recuperando funções ou serviços ecossistêmicos. Pode-se, portanto, objetivar o reparo da função ecológica ou de serviços ecossistêmicos, ou se criar um novo sistema, composto por espécies não nativas da região ou adaptadas a determinados stresses físico-químicos. Tem-se inclusive, na contemporaneidade, utilizado o termo "**transformabilidade**" (*transformability*) como a capacidade de se cruzarem limiares em direção a novas trajetórias de desenvolvimento. Leva-se assim a uma forma de pensar significativa para o planejamento de cidades sustentáveis, na qual pressões

sobre a capacidade de resiliência de determinados sistemas, como inundações e mudanças climáticas, possam ser encaradas como oportunidades para se realinhar recursos ou estruturas organizacionais, introduzindo inovações e novos conhecimentos nas áreas impactadas (HOBBS; HARRIS, 2001; LOVELL; TAYLOR, 2013, grifo nosso).

Observa-se que ecossistemas devidamente manejados, assim como os sistemas naturais, podem desempenhar funções importantes e representativas da capacidade natural de seus processos e componentes, gerando bens e serviços necessários direta e indiretamente aos seres humanos. Percebe-se então, a partir dessa abordagem, a viabilidade de se introduzirem, no sistema urbano de espaços livres, **serviços ecossistêmicos** relevantes para a qualidade de vida na cidade, como: **melhoria microclimática, umidade, drenagem, manutenção dos corpos hídricos, redução da poluição e produção de alimentos**. Contudo, considerando ainda que tais espaços relacionam-se culturalmente com os ocupantes das áreas urbanas, agregam-se funções recreativas, estéticas e educativas, importantes para a qualificação da paisagem urbana e que deverão ser levadas em conta na introdução de novas funcionalidades ecossistêmicas na cidade (LOVELL; TAYLOR, 2013, grifo nosso).

Considerando a paisagem urbana, surge ainda uma gama de outros serviços ecossistêmicos, todos decorrentes da interação da floresta urbana com o meio ambiente das cidades (referenciados na introdução deste trabalho). Exemplificam-se pela absorção de poluentes e material particulado, pela prevenção e redução da erosão do solo, pela purificação da água e pelo alívio da poluição sonora (WU, 2008).

Essa conjunção complexa de serviços ecossistêmicos a serem ofertados no meio urbano qualificam o que se chamaria de uma paisagem **multifuncional**, que possibilitaria a co-transformação das dimensões sociais e ecológicas do espaço, beneficiando tanto o homem, quanto o meio ambiente. A multifuncionalidade amplia o alcance e a repercussão das modificações inseridas nos espaços para além de suas fronteiras, por meio da sinergia entre as ações executadas e os resultados positivos alcançados. Possui potencial inclusive para suavizar ou mesmo romper a separação entre regiões urbanas e rurais. A possibilidade de introdução de

multifuncionalidades na cidade, por sua vez, agrega à floresta urbana, funcionalidades conjuntas e imbricadas de serviços ecossistêmicos e culturais, alinhando-a com o conceito de **infraestrutura verde (*green infrastructure*)** – uma rede de espaços vegetados, planejados e geridos como um sistema integrado capaz de prover benefícios sinérgicos (LOVELL; TAYLOR, 2013, grifo nosso).

Assim o desempenho da floresta urbana na prestação de serviços ecossistêmicos pode variar conforme a forma da cidade abriga tal elemento. De acordo com as intervenções paisagísticas adotadas e os processos morfológicos urbanos, trechos de floresta urbana podem apresentar comportamentos diferenciados em sua interação com a paisagem da cidade, o que pode ser esclarecido e classificado pela abordagem sobre a caracterização do comportamento dos sistemas apresentado por McHarg (1981).

2.2.2 Sintropia e entropia na floresta urbana

McHarg (1981) ao questionar a necessidade de revisão dos preceitos observados em sua obra elenca duas condições inerentes a um sistema. Um estado que pode ser definido como **aptidão sintrópica (*synthropic-fitness-health*)** e outro – oposto – como **inaptidão entrópica (*entropic-misfitness-morbidity*)**. A oscilação entre esses dois estágios contém um imperativo termodinâmico. Todos os sistemas estão sujeitos à necessidade de encontrar o ambiente mais apto para sua instalação e desenvolvimento, adaptando-o e adaptando-se a ele. Um ambiente apto é definido quando o máximo da necessidade de um usuário é atendido pelo ambiente, requerendo o mínimo de intervenção, ou gasto energético, nessa adaptação. Nesse sentido uma evolução bem sucedida é aquela que é obtida com o menor dispêndio de trabalho e energia.

O autor assim estabelece que o sucesso evolucionário e a saúde das espécies nos ecossistemas revelam a aptidão sintrópica (*synthropic-fitness-health*). Excessivas patologias e morbidades revelam inaptidão entrópica (*entropic-misfitness-morbidity*) – um sistema incapaz de achar o ambiente mais adequado ou incapaz de adaptá-lo ou a ele se adaptar. Dentre os melhores instrumentos disponíveis ao homem para uma adaptação bem sucedida estão o planejamento e a adaptação cultural. Essas parecem ser as formas mais diretas e eficazes para

manutenção e melhoria da saúde humana e bem-estar (McHARG, 1981; 1992, grifo nosso).

De acordo com McHarg (1981) um funcionamento sintrópico, ou com menores perdas de energia, caracterizaria a evolução das formas de vida, com sucessivo aumento de capacidades e maior nível de ordenação de energia e matéria.

Mas o que seria a sintropia para uma floresta urbana? Gower (2003) explica que, nas formas de vida, dentre todas as relações que envolvem troca de energia, a **fotossíntese é o mais notável exemplo de sintropia**, pois, recebendo energia contínua, na presença de dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O), os cloroplastos transformam energia química e luminosa em biológica para produção de carboidratos ou matéria orgânica em um grau significativamente maior de ordem do que os ingredientes iniciais. Esse processo alcançaria excelência no modelo estabelecido de em uma floresta clímax. Em significativo equilíbrio, nela não há perdas de energia, pois todos os nutrientes são reciclados e todo o carbono respirado pelas plantas e micro-organismos do solo (na decomposição) é retornado via fotossíntese (McHARG, 1981; GOWER, 2003; BONAM, 2008, grifo nosso).

Esse acúmulo de matéria com aumento de ordem e complexidade configuram-se então como indicadores da presença de sintropia nos sistemas. Nesse sentido o entendimento desse processo em ecossistemas florestais é importante para a identificação de indicadores para a medição de serviços ecossistêmicos em meio urbano, e a oscilação sintrópica ou entrópica de trechos de floresta urbana conforme sua interação com o sítio da cidade. Esse entendimento, por sua vez, possibilita a busca, instrumentalizada inclusive pelo planejamento e adaptação cultural, da orientação da floresta urbana e seus trechos componentes, para um estado de aptidão sintrópica (*synthropic-fitness-health*).

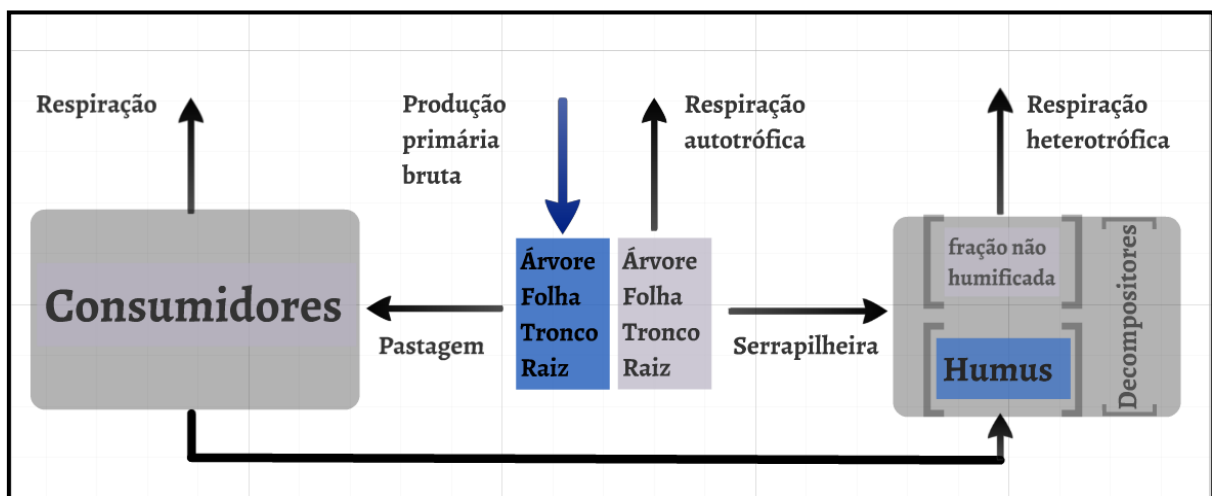
2.2.3 Sequestro de carbono em ecossistemas florestais

A concentração de carbono estocado na paisagem está relacionada com a qualidade dos serviços ambientais prestados nos ecossistemas. O entendimento do fluxo de carbono nessas áreas é crucial para a percepção das etapas em que o carbono é efetivamente sequestrado, instrumentalizando a concepção de diretrizes

paisagísticas orientadas para esse processo, com os ganhos em implantação ou melhoria de serviços ecossistêmicos.

De acordo com Bonam (2008) e Pulronik (2009), essa concentração se dá pela diferença entre a assimilação de carbono durante a fotossíntese e a perda ocorrida durante a respiração. A fase de assimilação – relacionada à fotossíntese – é responsável pela síntese dos tecidos vegetais e desenvolvimento das plantas. Esses tecidos, por sua vez, devem retornar ao solo e serem utilizados, em parte, pelos micro-organismos existentes para sua manutenção e crescimento, com liberação de parte do C de volta para a atmosfera pela sua respiração. A parte restante da matéria orgânica, mais resistente à decomposição, será utilizada para a formação de húmus. Na figura 2, apresenta-se esse fluxo de energia na forma de carbono que se aplica a qualquer tipo de ecossistema terrestre (BONAM, 2008; PULRONIK, 2009).

Figura 2 – Representação generalizada dos componentes de um ecossistema terrestre, todos conectados pelo fluxo de carbono



Fonte: BONAM, 2008.

Assim, uma vez que esta pesquisa almeja clarificar o desempenho da floresta urbana nos serviços ambientais relacionados com o sequestro de carbono, de acordo com a figura 2, as áreas destacadas em azul apresentam-se como os principais e mais efetivos pontos de sequestro de carbono, estratégicos para o estudo desse serviço ambiental: a biomassa aérea, em que o carbono é utilizado para a construção de tecido vegetal, e o húmus, decorrente da decomposição de matéria orgânica presentes nos ecossistemas terrestres pelos microrganismos existentes no solo (McHARG, 1981; GOWER, 2003; PULRONIK, 2009; LAL, 2004).

O sequestro de carbono em biomassa arbórea está relacionado com a eficiência do processo de fotossíntese e o ciclo paralelo de nutrientes, em especial o do nitrogênio. Esse elemento, juntamente com o carbono, constitui a base da formação dos tecidos vegetais. A disponibilidade de nitrogênio favorece o crescimento da vegetação, por isso configurando-se como um indicador de fertilidade. Cabe destacar que a maior parte da utilização desse elemento para o crescimento das plantas vem da reciclagem interna e da decomposição de detritos orgânicos. Portanto, nos trechos de floresta urbana a serem estudados, caberia verificar o grau de implantação do ciclo de nitrogênio e relacioná-lo com os atributos paisagísticos existentes, pois sua presença na área pode oferecer indícios sobre o desenvolvimento da vegetação no local e o desempenho da área na oferta de serviços ecossistêmicos (GOWER, 2003; BONAM, 2008).

Já o processo de humificação é a transformação de resíduos vegetais, ricos em lignina – carbono –, em substâncias húmicas pela sua degradação. Desse processo é obtida uma gama variada de substâncias, cuja estabilidade no solo, por sua vez, é proporcional à quantidade de C presente. Quanto maior a concentração de carbono, maior sua fixidez do estrato húmico e mais efetivo o sequestro de carbono no solo (ADANI; GENEVINI; TAMBONE, 2006; ADANI; SPAGNOL, 2006).

As substâncias húmicas são, por sua vez, fracionadas em 3 tipos de compostos de carbono: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina. Nenhuma dessas frações representa um composto individual, mas sim, uma mistura de diversos compostos heterogêneos e complexos, mas com comportamento similar. O grau de ocorrência de cada tipo de fração varia conforme as relações entre suporte e cobertura na paisagem e em que grau essas condições possibilitam o sequestro de carbono pelo solo. Pode-se aferir que a compreensão dos processos de formação e concentração de tais substâncias é a chave para o entendimento da existência e qualificação de diversos serviços ecossistêmicos relacionados com o ciclo de carbono, todos desejáveis ao longo de uma floresta urbana (BENITES; MADARI; MACHADO, 2003; CANELLAS; VELLOSO; SANTOS, 2005; ADANI; GENEVINI; TAMBONE, 2006; ADANI; SPAGNOL, 2006; TREVISAN *et al.*, 2010; RONQUIN, 2010; ROSSI *et al.*, 2011; WICK; INGRAM; STAHL, 2010; LAL, 2004).

Conforme a características da vegetação e sua relação com o sítio urbano em que se encontra, determinadas áreas poderão atuar como sumidouros (*carbon*

sinks) ou como emissoras de carbono. Considerando que a paisagem urbana compreende um registro da relação entre os processos ecossistêmicos urbanos através do tempo, observa-se a floresta urbana resultante, provavelmente espelhará o conflito ou o equilíbrio nessa interação em diferentes graus. De acordo com o cenário obtido por essa configuração, pode-se estimar a existência de trechos com comportamentos diferenciados, oscilando entre uma tendência à entropia ou à sintropia (McHARG, 1981; GOWER, 2003; PULRONIK, 2009).

A investigação dessa oscilação de comportamento na paisagem urbana pode oferecer então indícios sobre quais modelos paisagísticos seriam mais alinhados com o paradigma do desenvolvimento sustentável.

Com base no exposto é então possível alinhar o referencial teórico apresentado com os objetivos desta dissertação, em especial o de ofertar indicadores de qualidade de serviços ambientais relacionados ao sequestro de carbono com base em modelos contrastantes de floresta urbana em Belo Horizonte.

2.3 Materiais e métodos

Para descrever as variáveis qualitativas da floresta urbana incidente sobre a Administração Regional Centro Sul, procurou-se estabelecer uma leitura dos atributos da paisagem anteriores e posteriores à implantação do sistema antrópico. Isso foi possível por meio do cruzamento de informações georeferenciadas disponibilizadas pela Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (PRODABEL) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com as existentes, nas fontes bibliográficas apresentadas ao longo do texto. Foi possível então a espacialização e descrição as grandes unidades de relevo incidentes sobre a área e seu detalhamento em compartimentos de relevo, cada um com suas características específicas. Por sua vez, as feições decorrentes dessas subdivisões foram cruzadas com as informações relacionadas à camada vegetação incidente sobre a área, permitindo a reconstituição de características do sistema natural existente, às quais foram cruzadas com as informações referentes à implantação do sistema antrópico. Os mapeamento e análises necessários foram instrumentalizados com o uso do *Software* ArcGis, versão 10.2.2.

Dessa leitura do processo de implantação do sistema antrópico sobre o natural, elencaram-se três trechos de floresta urbana, para análise das dinâmicas de

sequestro de carbono, provavelmente contrastantes, em conformidade com a Escola da Ecologia da Restauração: Parque Municipal das Mangabeiras, Praça Raul Soares e Parque Municipal Américo Renê Giannetti.

Em sequência, procedeu-se, de acordo com a Escola *Conzeniana* de Morfologia Urbana, a análise estática e dinâmica das superfícies rígidas, suaves e de água nessas áreas. Procurou-se, por meio da caracterização da vegetação existente e da observação da variação dos extratos arbóreos ao longo do tempo descrever e qualificar os trechos de floresta urbana incidentes sobre essas áreas, levantando atributos e condicionantes referentes à sua formação.

Em cada trecho de floresta urbana foram selecionados blocos para amostragem de solo e levantamento de biomassa aérea, para fins de quantificação e qualificação do sequestro de carbono, para posterior cruzamento com as análises da paisagem efetuadas.

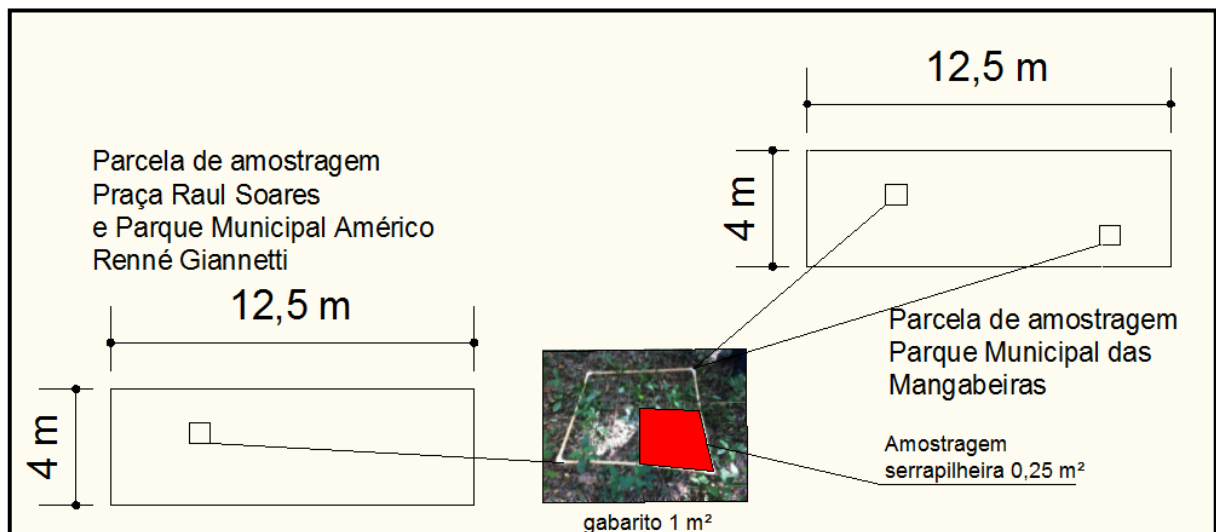
Para a obtenção de variáveis quantitativas, as áreas constituintes da floresta urbana de Belo Horizonte foram objeto das seguintes formas de investigação, relacionadas a determinadas características do sequestro de carbono nos ecossistemas terrestres:

- quantidade de carbono estocado na biomassa aérea;
- quantidade de carbono orgânico no solo;
- concentração de carbono sequestrado no solo, na forma de ácidos húmicos e fúlvicos;
- razão $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ no solo;
- relação C:N no solo.

O método de amostragem nos trechos de floresta selecionados para estudo foi baseado nos procedimentos propostos pela Embrapa Floresta, em conjunto com o *Centre for Research in Agroforestry* (ICRAF) (AREVALO; ALEGRE; VILCAHUAMAN, 2002). Foram selecionadas em cada área 5 blocos de 50 m², cada, com dimensões de 4 x 12,5 m.

Em cada bloco foi analisada toda biomassa arbórea, de acordo com Arevalo, Alegre e Vilcahuaman (2002). Foram medidos, para a estimativa da biomassa aérea arbórea seca, os diâmetros na altura do peito (DAP) das árvores aptas existentes e, em cada bloco, amostrou-se uma parcela de 1m², na qual foram coletadas porções de vegetação herbácea, da serrapilheira e solo. Em cada parcela utilizou-se um gabarito de 1 m² para recolhimento de vegetação arbustiva ou herbácea, quando existente, e de 0,25 m² de serrapilheira. Destaque-se que, na Praça Raul Soares, e, em determinadas parcelas do Parque Municipal Américo Rennê Giannetti, não foi possível recolher serrapilheira, devido às medidas de manejo relacionadas à varredura e retirada da folhagem que se depositaria sobre o solo. Em todas elas foram recolhidas amostras de solo na profundidade entre 0 e 20 cm, dentro da área demarcada pelo gabarito. No Parque Municipal das Mangabeiras, entretanto, as amostragens de serrapilheira, vegetação arbustiva e solo foram realizadas em dobro, em função da adoção do local como área de referência e, por isso, maior necessidade de acuidade dos dados obtidos. A figura 3 apresenta esquema das parcelas amostradas nos trechos de floresta urbana estudado.

Figura 3 – Esquema das parcelas para a análise dos diferentes componentes da biomassa vegetal nos trechos de floresta urbana estudados



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Para o cálculo da biomassa arbórea utilizou-se a seguinte equação alométrica estabelecida pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (2003), para estimativa de biomassa arbórea em florestas tropicais húmidas com precipitação entre 2.000 e 4.000 mm ao ano:

$$Y = \exp[-2.289 + 2.649 \cdot \ln(\text{DAP}) - 0.021 \cdot (\ln(\text{DAP}))^2]$$

Onde

Y = biomassa aérea seca, kg (árvore)⁻¹

DAP = diâmetro na altura do peito, cm

ln = logaritmo natural

exp = função exponencial natural

Essa equação está calibrada para o cálculo de diâmetros entre 5 e 148 cm. Considerando a baixa ocorrência nas parcelas amostradas de árvores com DAP abaixo ou acima desses valores, tais indivíduos não foram considerados, por risco de inexatidão dos cálculos. Foram escolhidas parcelas sem ocorrência de palmeiras, uma vez que a equação foi desenvolvida para a estimativa da biomassa arbórea e, nas localidades, sua ocorrência não se demonstrou significativa.

Para o cálculo da biomassa aérea seca das árvores calculou-se o diâmetro geral da árvore, utilizando a fórmula raiz quadrada da soma dos diâmetros das ramas individuais (AREVALO; ALEGRE; VILCAHUAMAN, 2002).

As amostras arbustivas, herbáceas e de serrapilheira coletadas nas parcelas tiveram seus pesos húmidos medidos, sendo depois secas em estufa a 65° C por 48 horas. Com os pesos secos encontrados nas parcelas estimou-se a biomassa aérea por metro quadrado referente a ocorrência de cada categoria de amostra.

A estimativa total de carbono na biomassa vegetal aérea total encontrada nas parcelas foi obtida multiplicando-se os valores encontrados por 0,45 (AREVALO; ALEGRE; VILCAHUAMAN, 2002, p. 24).

Foram recolhidas amostras de solo em cada parcela, que foram numeradas e enviadas para a realização das seguintes análises: análise de fertilidade do solo (para cálculo da quantidade de carbono orgânico do solo), estimativa de carbono dos ácidos húmicos (concentração de ácidos húmicos e fúlvicos) e análise de isótopos estáveis (carbono 13 e razão ¹²C/¹³C).

O carbono sequestrado na matéria orgânica do solo foi determinado pelo método de Walkley-Black (1934).

O carbono dos ácidos húmicos e fúlvicos, por sua vez, foi estimado por meio do fracionamento da matéria orgânica do solo pelo método de Dabin (1981), com base em amostras de solo com cerca de 15 gramas. O método permite a separação entre ácidos fúlvicos e húmicos, por meio do fracionamento dessas substâncias por tratamentos químicos – álcali: ácidos (BENITES; MADARI; MACHADO, 2003; ADANI; GENEVINI; TAMBONE, 2006; ADANI; SPAGNOL, 2006; TREVISAN *et al.*, 2010; RONQUIN, 2010; ROSSI *et al.*, 2011; WICK; INGRAM; STAHL, 2010; LAL, 2004).

Já as relações $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ e C/N e a concentração de ^{15}N , nas amostras de solo, foram estimadas pelo método de medição de isótopos estáveis de C e N do solo, utilizando um espectrômetro de massa de razão isotópica com amostras de solo com cerca de 1 grama, cada, secas em estufa a 55°C por 48 horas. A proporção adotada como padrão é a de *Pee Dee Belemnite* – formação geológica da Carolina do Norte – Estados Unidos, cujo valor é 0,01124. Materiais com razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C} > 0.0112372$ são estipulados com valores de delta positivos e os com razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C} < 0.0112372$, com valores de delta negativos. Para a razão $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ o valor considerado como delta zero é 0,003676, relacionado à proporção de N encontrada no ar. Já a razão C/N é calculada por meio da divisão entre os percentuais de ^{12}C e de ^{14}N encontrados nas amostras (WERNER; BRAND, 2001; COLORADO PLATEAU STABLE ISOTOPE LABORATORY, 2014).

As análises realizadas possibilitaram a amostragem proveniente de 3 regiões: Parque Municipal das Mangabeiras, Praça Raul Soares e Parque Municipal Américo Renê Giannetti. Com o objetivo de comparar as variáveis quantitativas entre as regiões as amostras foram submetidas à análise comparativa do teste de Kruskal-Wallis, sendo que, para as comparações múltiplas, foi utilizado o teste de Nemenyi (HOLLANDER; WOLFE, 1999).

Foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman (SIEGAL; CASTELLAN JR., 2006) e os dados foram submetidos a análise de componentes principais, visando identificar quais os parâmetros analisados que melhor explicam os resultados relativos ao sequestro de Carbono. Os resultados de cada área de estudo foram plotados em gráfico *scatter plot*, para a visualização da correlação entre as variáveis e a comparação do desempenho ambiental das áreas (MINGOTI, 2007).

O software utilizado na análise foi o R versão 3.0.3.

3 ESTUDO DE CASO: A IDENTIFICAÇÃO DE TRECHOS CONTRASTANTES DE FLORESTA URBANA PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO NO SEQUESTRO DE CARBONO, NA REGIÃO ADMINISTRATIVA CENTRO SUL DE BELO HORIZONTE

O referencial teórico e os procedimentos metodológicos apresentados no capítulo anterior são aplicados no estudo de caso, no município de Belo Horizonte.

Contudo, antes de se ater à caracterização da floresta urbana da cidade, cabe abordar a inserção geográfica e a divisão administrativa do território municipal.

De acordo com a figura 4, o município está inserido na Zona Metalúrgica de Minas Gerais e a sudeste do centro geográfico do estado localizado próximo à latitude 20° sul e longitude 43° oeste (IBGE, 2014).

Figura 4 – Localização do Município de Belo Horizonte no Estado de Minas Gerais

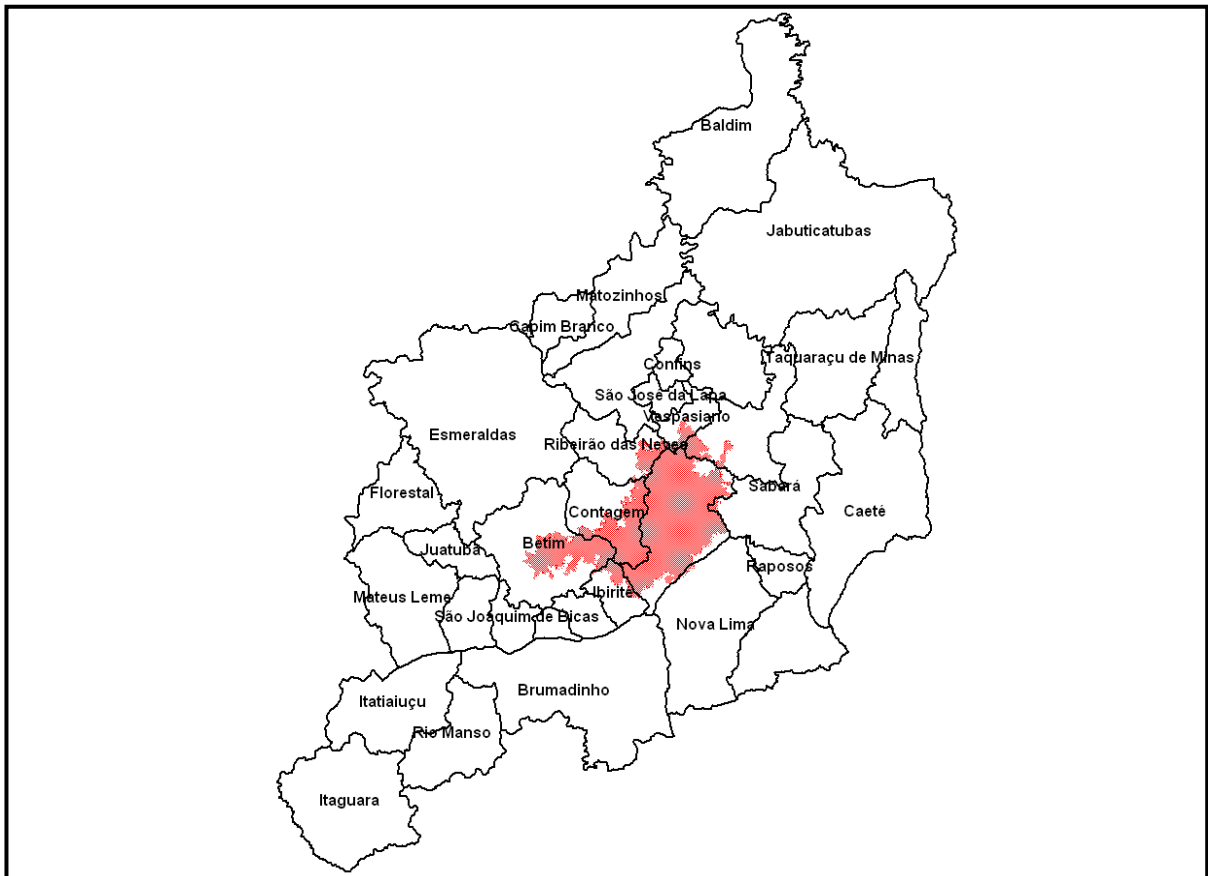


Fonte: SIMÃO, 2012.

Belo Horizonte é o município estruturador da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), instituída pela Lei Complementar do Brasil nº 14, de 8 de junho de 1973. Inicialmente, era constituída dos seguintes municípios: Belo Horizonte, Betim, Caeté, Contagem, Ibirité, Lagoa Santa, Nova Lima, Pedro

Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Sabará, Santa Luzia e Vespasiano. Outros municípios foram incorporados a RMBH nos anos posteriores e, atualmente, ela é composta por 34 cidades (RMBH, 2014). Como mostra a figura 5.

Figura 5 – Municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Em vermelho, destaca-se a área conurbada de Belo Horizonte

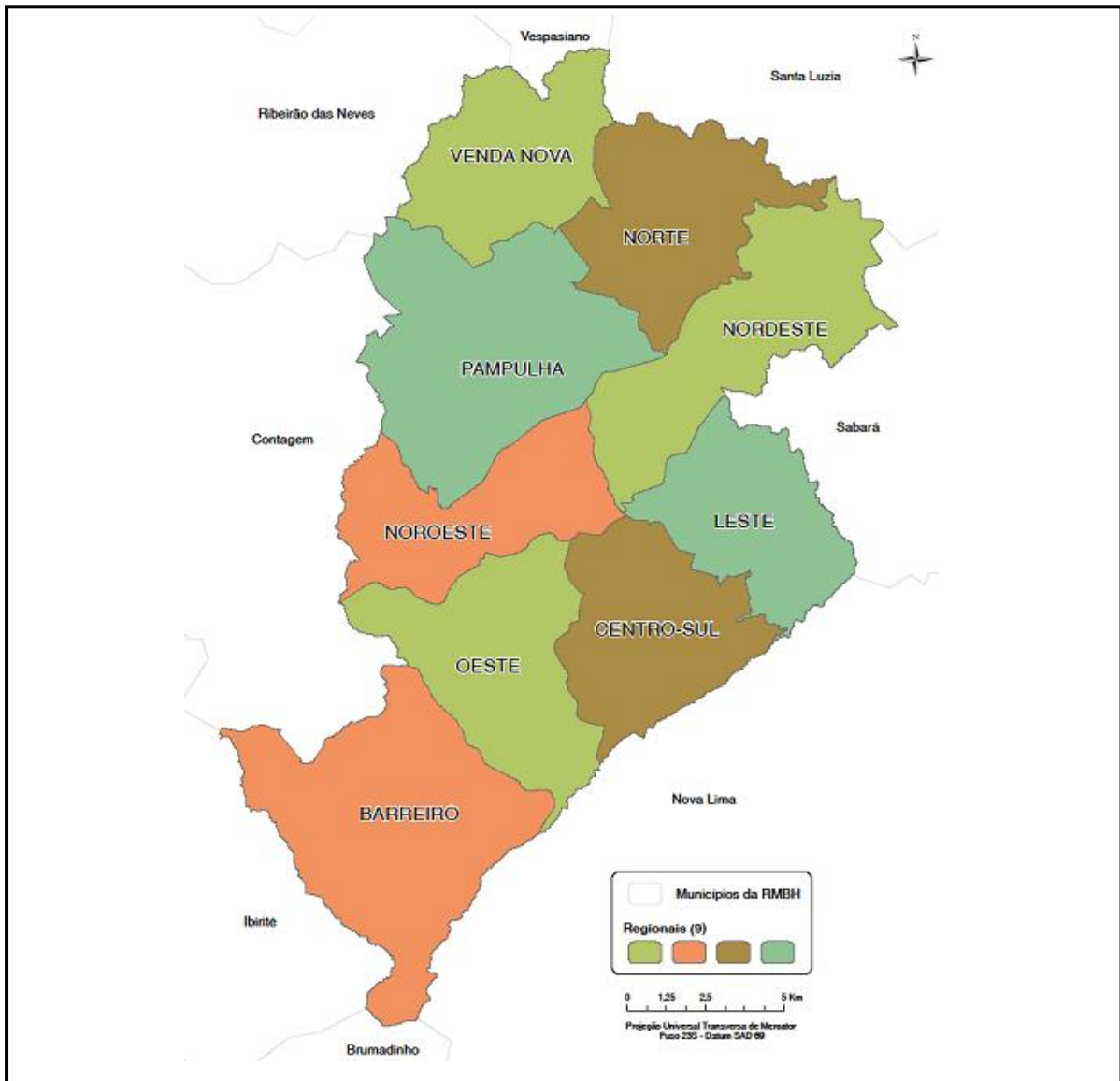


Fonte: LABORATÓRIO DA PAISAGEM, 2013.

Confronta-se ao Norte com os Municípios de Ribeirão das Neves, Vespasiano e Santa Luzia; ao Sul com os de Nova Lima, Brumadinho e Ibirité; a Leste com o de Sabará e a Oeste com o de Contagem – figura 5.

De acordo com a figura 6, é dividido em nove Regiões Administrativas, sendo elas: Barreiro, Centro-Sul, Leste, Nordeste, Noroeste, Norte, Oeste, Pampulha e Venda Nova. Seus limites e formas de gestão foram estabelecidos pela Lei Municipal nº 4.158/85, com seus perímetros ajustados pela Lei Municipal 10.231/2011. Tratam-se de subdivisões gerenciais do Município. Sua criação destinou-se à descentralização e coordenação de programas e ações de governo, conforme as especificidades de cada localidade (PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE – PBH, 2014; BELO HORIZONTE, 2011).

Figura 6 – Limites do município de Belo Horizonte e divisão administrativa municipal



Fonte: PBH, 2014.

Após a contextualização territorial e administrativa de Belo Horizonte, cabe explicar sobre a concepção do plano urbano da cidade, seus conceitos iniciais e processo de implantação. Essa abordagem é necessária para o entendimento da configuração da floresta urbana no município, bem como das áreas que compõem a análise pretendida.

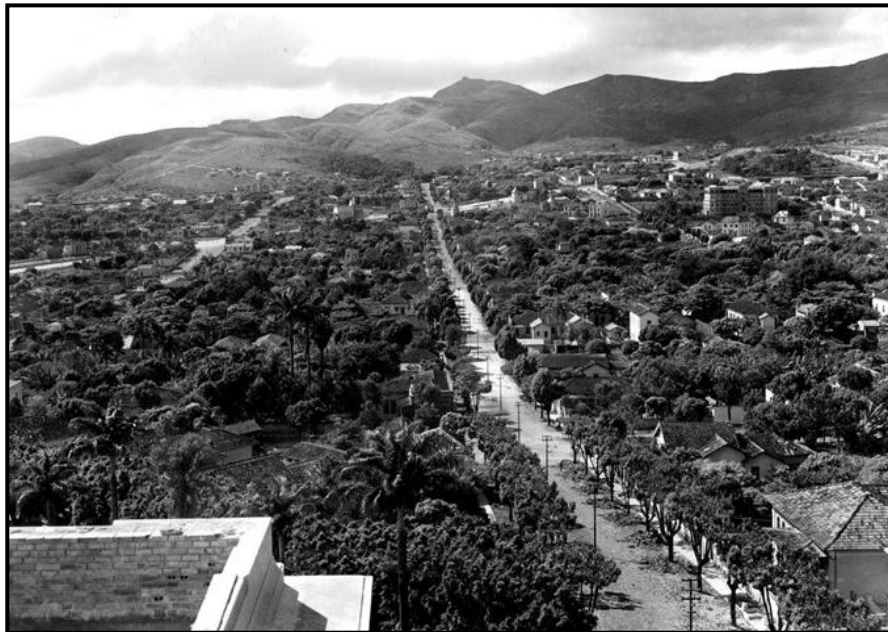
3.1 A floresta urbana no Plano Urbano de Belo Horizonte

A implantação da nova capital do estado de Minas Gerais se deu conforme o plano urbanístico comandado pelo engenheiro Aarão Reis, no sítio onde se localizava o arraial denominado Curral Del Rei.

A área, muito fértil, demonstrava-se excelente para o cultivo, com destaque para a produção de café e das frutas provenientes dos pomares ali existentes. A implantação do sistema antrópico na área iniciou-se por meio da introdução de práticas agrícolas. Foram introduzidas, preferencialmente, nas áreas mais planas, onde ocorria a maior parte das formações florestais de cerrado (COMPANHIA DO VALE DO RIO DOCE, 1992; BARRETO, 1995).

De acordo com Barreto (1995), a ocupação do Arraial denotava os vínculos econômicos entre sua comunidade e as características naturais do sítio. Sugeriu um modelo condicionado pelos aspectos naturais daquele lugar e pelo aproveitamento das vantagens geográficas existentes. Reconstituições morfológicas indicam que o arraial caracterizava-se como excelente exemplo de adaptação de um assentamento às condições topográficas. A figura 7, referente à implantação da Rua Rio Grande do Norte, na década de 1920, demonstra como esses aspectos cênicos ainda encontravam-se presentes. Chama-se atenção à significativa massa vegetada existente.

Figura 7 – Abertura da caixa de via da Rua Claudio Manoel na década de 20, com a arborização prevista em projeto implantada

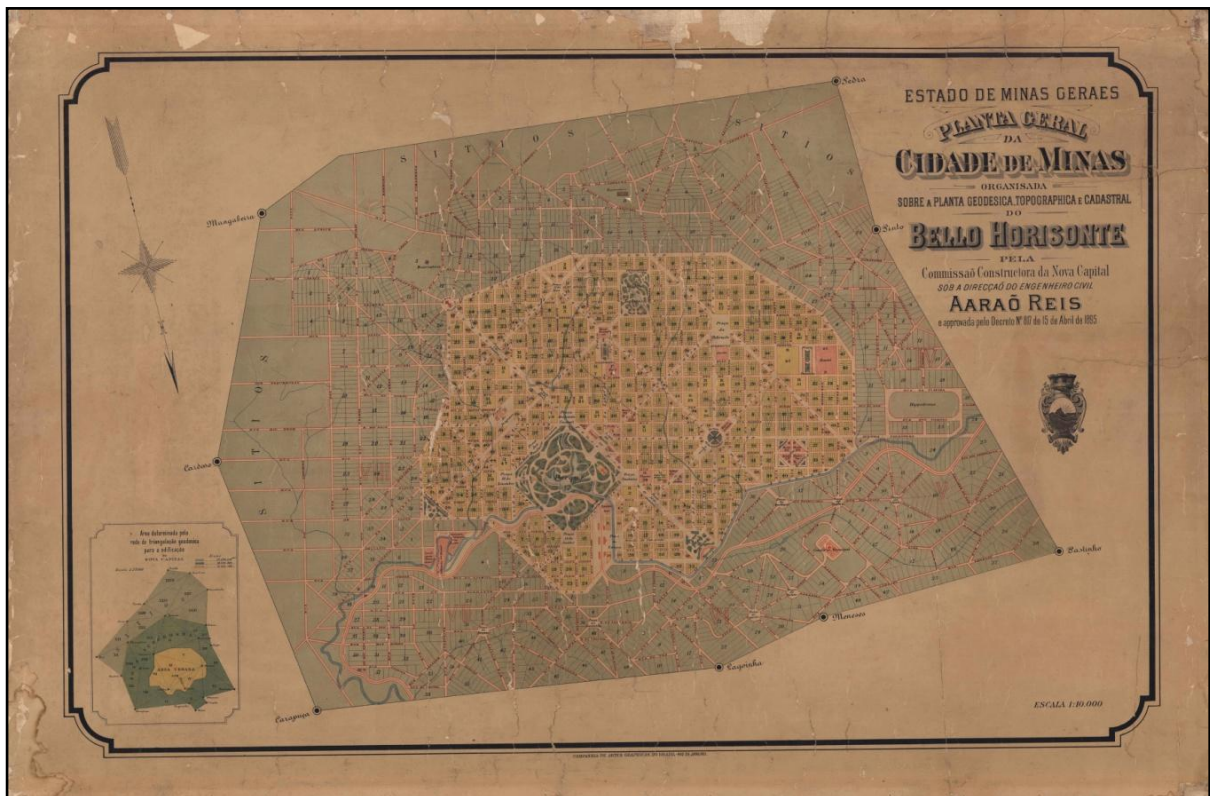


Fonte: SIAAPM. Disponível em: <http://www.siaapm.cultura.mg.gov.br/modules/grandes_formatos_docs/viewcat.php?cid=107>. Acesso em: 4 ago. 2013.

Entretanto, o plano urbano, proposto, em 1895, ignorou a configuração do arraial pré-existente, bem como as características naturais do território. Elaborado de acordo com um ideário positivista e higienista, expressou o saber técnico e uma abordagem estética do espaço urbano (PLAMBEL, 1977).

De acordo com Barreto (1995), estabeleceu três zonas para a nova capital mineira, conforme apresenta-se, na figura 8: a urbana, com traçado geométrico; a suburbana, circundante à urbana, composta por glebas maiores para ocupação futura e abastecimento da zona urbana e a zona rural, provavelmente aproveitando as práticas agrícolas e pecuaristas pré-existentes no local.

Figura 8 – Plano-capital da cidade de Belo Horizonte (projeto de Aarão Reis), com a zona urbana representada em amarelo, a zona suburbana em verde e a zona rural nas bordas do perímetro



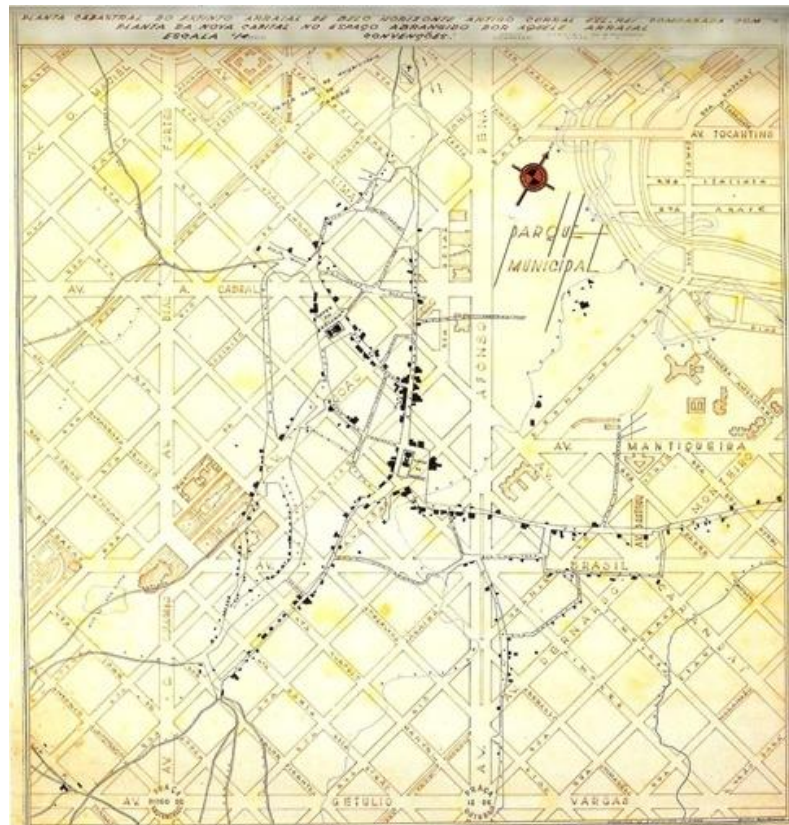
Fonte: FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997.

A zona urbana, cuja implantação foi supervisionada por Aarão Reis, expressava de forma mais significativa as influências positivistas. Seu desenho configurou-se por uma malha ortogonal, composta por seções, quarteirões e lotes, com a demolição das edificações e vias existentes na localidade. Diversos cursos d'água foram canalizados, retificados e lançados nos eixos das vias, criando condições propícias para inundações nos períodos de chuva. As áreas verdes passariam a ser objeto de projeto e encaradas como fator de salubridade, condicionadas pela lógica do traçado positivista. O tratamento paisagístico adotado para as áreas públicas priorizava o embelezamento, bem exemplificado pela utilização de palmeiras a fim de marcar, pela verticalidade, a importância das vias, praças e parques. As espécies arbóreas utilizadas foram preponderantemente

exóticas, raramente substituídas por árvores nativas, quando a espécie não se adaptava ao clima local (PLAMBEL, 1977; MACIEL, 1998; FERREIRA, 1998; PEREIRA COSTA, 1998; CASTRIOTA, 2009; SEGAWA, 2010).

Ignoraram-se assim os condicionantes específicos do relevo e comprometeram-se estratos nativos da camada vegetação, no processo de implantação do plano urbano. Procurou-se criar significativa gama de áreas verdes e espaços livres, para circulação, lazer e saúde da população vindoura, mas eliminaram-se diversas áreas com qualidades naturais e cênicas pré-existentes do sítio escolhido. Uma das poucas características do plano proposto, que espelharia certa adequação às características do sistema natural, teria sido a escolha do sítio para a implantação do Parque Municipal Américo Renê Giannetti. Tratava-se de uma área de brejo, com atributos naturais e cênicos expressivos, em terras significativamente férteis. Segue figura 9, com a sobreposição da ocupação do antigo Arraial Belo Horizonte e a hidrografia do sítio, com o projeto da nova capital, onde se observa a desconsideração do traçado urbano pré-existente.

Figura 9 – Planta cadastral do extinto arraial de Belo Horizonte, antigo Curral Del Rei, sobreposta à planta da nova capital, onde se observa a desconsideração do traçado urbano pré-existente



Fonte: FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997.

Separando a Zona Urbana da Zona Suburbana definiu-se a Avenida 17 de Dezembro – atual Avenida do Contorno –, com o intento de facilitar o recolhimento de impostos locais. No entanto, essa Avenida se destaca como contraponto à lógica positivista. Marca o início das declividades mais acentuadas entre as zonas, representando, no tecido urbano da capital mineira, o momento em que os condicionantes do sítio, até então ignorados, por serem relativamente mais sutis na zona urbana, se impõem, com condições mais extremas sobre o projeto (BARRETO, 1995; PEREIRA COSTA; MACIEL, 2009b).

A zona suburbana, circundante à urbana, teria sido projetada com menor grau de definição, mas já com características diversas das do tecido proposto para a urbana. O projeto previa quarteirões com forma irregular, lotes de áreas diversas e ruas com caixa menor. Conforme o Engenheiro Aarão Reis, as ruas teriam sido projetadas buscando adequação e adaptação do projeto à topografia externa à Avenida do Contorno. Contudo, poucos elementos do sistema viário da antiga zona suburbana conseguiram ser implantados de acordo com o projeto (BARRETO, 1995; FERREIRA, 1998; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997).

Isso se refletiu na composição da floresta urbana de Belo Horizonte. Observa-se, ao comparar a qualidade dos espaços livres entre as duas zonas, que a diferença de qualidade de traçado entre as áreas internas e externas à Avenida do Contorno deve-se principalmente à escolha do sítio em que elas seriam implantadas (FERREIRA, 1998). Na zona suburbana, dada à complexidade geomorfológica do sítio, verificou-se dificuldade de implantação do projeto, mesmo com as tentativas de se "flexibilizar" o traçado, já previamente concebido. Com o passar dos anos, a diferenciação na forma urbana entre essas duas áreas se extremou, também influenciada por critérios divergentes na gestão da ocupação territorial.

Poder-se-ia falar então de diferenças relacionadas a paisagens compostas por diferentes, ou mesmo contrastantes, relações entre os sistemas naturais e antrópicos. Algumas ligadas às fisionomias da antiga zona urbana de Belo Horizonte, e, outras, às da antiga zona suburbana. Por abranger ambas as áreas, com prováveis reflexos nos trechos de floresta urbana produzidos, a Região Administrativa Centro Sul destaca-se como área de recorte para os estudos abordados por esta dissertação.

3.2 A floresta urbana na Região Administrativa Centro Sul: condicionantes e processos

Dessa forma, a percepção das características da paisagem na Região Administrativa Centro Sul, anterior à implantação do sistema antrópico oferta indícios sobre os serviços ecossistêmicos prestados ou potenciais, inerentes à floresta urbana da área. Ajuda também a entender a importância e os atributos de seus componentes, como certas faixas de hiatos urbanos – *fringe belts* –, cujos processos morfológicos propiciaram a preservação de tais características, mesmo que em graus diferenciados.

A partir de então se pretende, com base no primeiro bloco de referencial teórico (item 2.1), explicar o território incidente sobre a área, entendendo sua paisagem como produto heterogêneo das relações de o suporte e a cobertura do sítio, que resultaram em paisagens distintas. Com base nessa abordagem, buscar-se-á elencar trechos contrastantes da floresta urbana, cujas peculiaridades os tornem aptos para análise do desempenho dessas áreas no serviço ambiental de sequestro de carbono.

Procede-se à descrição das características bióticas e abióticas da área sobre a qual a Região Administrativa Centro Sul incide, necessárias para a percepção dos atributos do sítio a ser analisado. Além disso, com auxílio de conceitos da escola inglesa de morfologia urbana, analisa-se o processo de elaboração e implantação do plano urbano de Belo Horizonte e as relações com a paisagem pré-existente, buscando o entendimento das unidades de paisagem produzidas pelas diferentes relações entre o sistema natural e o antrópico. Busca-se, por meio disso, entender a heterogeneidade da floresta urbana da cidade e, pelas características de trechos representativos de diversos processos morfológicos, escolher as áreas a serem analisadas com base nos princípios da Escola da Ecologia da Restauração.

3.2.1 O Sítio de Belo Horizonte – condicionantes bióticos e abióticos da floresta urbana na Administração Regional Centro-Sul

Considerando as características abióticas e bióticas referentes ao sítio de implantação da capital mineira, em especial a Região Administrativa Centro Sul, é

possível delinear atributos da paisagem anterior à ocupação humana, primeiro condicionante de implantação do plano urbano da capital. As análises a serem apresentadas demonstram a coerência extrema entre as características geomorfológicas da área, com os aspectos bióticos conformadores da composição da possível fauna e flora nativas. Traz entendimento sobre as características da paisagem urbana contemporânea e sobre a conformação da floresta urbana nessa região.

3.2.1.1 Geomorfologia e relevo

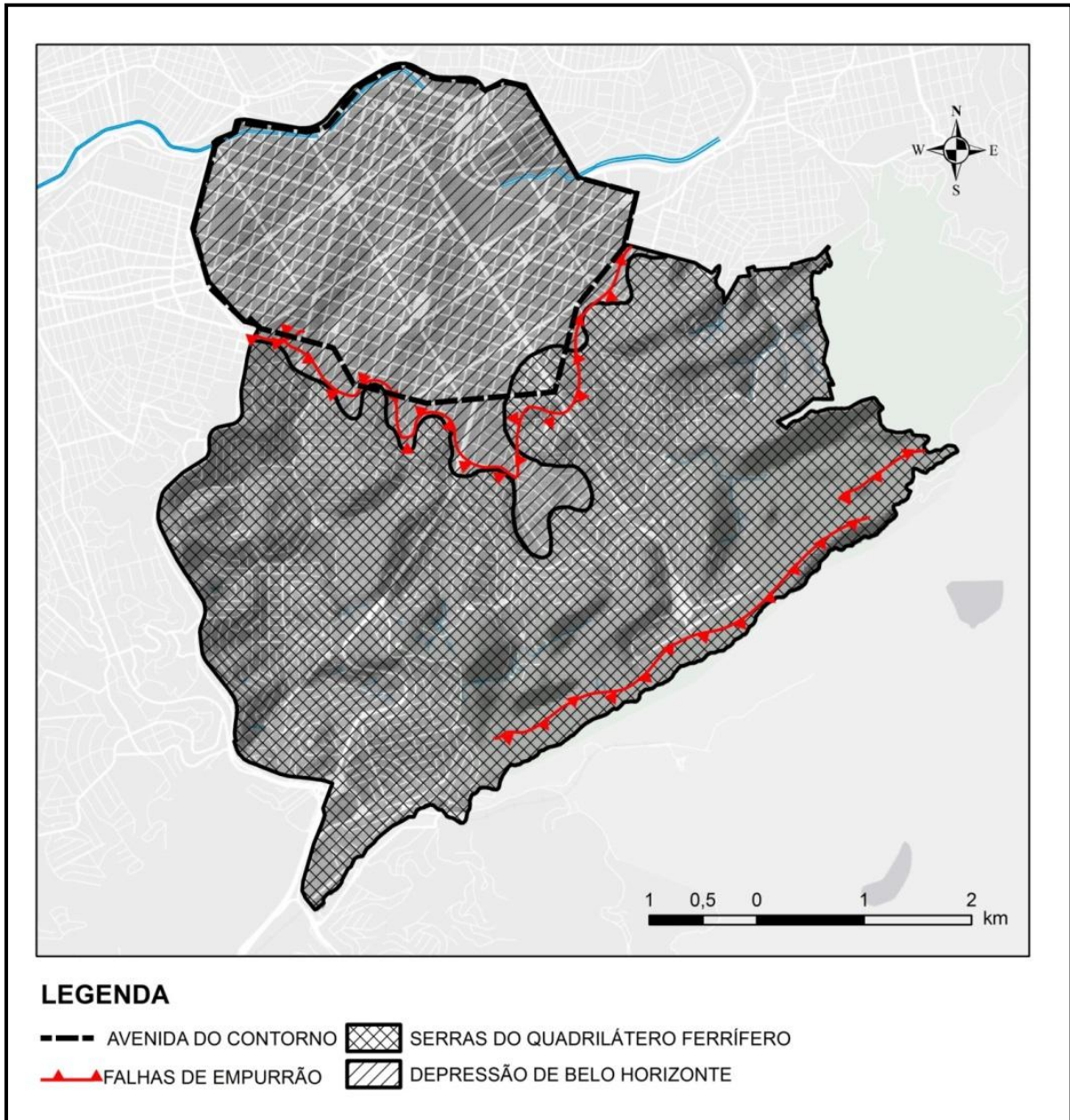
O Município de Belo Horizonte instala-se na base da Serra do Curral e desenvolve-se ao longo de colinas e cristas esparsas. O plano urbano da cidade foi desenvolvido entre duas grandes unidades de relevo com características diversas: a Depressão de Belo Horizonte (complexo Belo Horizonte) e as Serras do Quadrilátero Ferrífero (sequência metassedimentar). Entre essas duas unidades há uma falha de empurrão, próxima da qual, em uma linha de menor resistência à erosão, se aloja o Ribeirão Arrudas. Ocorrem também outras duas falhas de empurrão, nas cristas da Serra do Curral (PLAMBEL, 1977; FERREIRA, 1998; CARVALHO, 2001).

A figura 10, apresenta a sobreposição dessas grandes unidades de relevo e das falhas de empurrão sobre o relevo da Região Administrativa Centro Sul. Observa-se, claramente, a diferenciação geomorfológica entre cada unidade, propiciada pelo contato entre elas.

Essas unidades de relevo condicionaram à formação de paisagens distintas. Na Depressão de Belo Horizonte, o relevo conformou uma sucessão mais suave de colinas intercaladas com significativo número de áreas de média e baixa declividade. Essas áreas apresentam drenagem rica, sem a necessidade de utilização de um extenso corpo d'água e solos mais férteis. Configuram, por essas características, uma paisagem mais uniforme. Já, nas Serras do Quadrilátero ferrífero, a estrutura geomorfológica foi soerguida, dobrada, fraturada e falhada. Propiciou uma variabilidade de relevo mais significativa, com topografia acidentada, padrão paralelo de drenagem e solos com menor fertilidade. Nessa região, o relevo já propicia a formação de diversos habitats, com uma paisagem mais heterogênea

do que a encontrada na Depressão de Belo Horizonte (PLAMBEL, 1977; FERREIRA, 1998).

Figura 10 – Grandes unidades de relevo incidentes sobre a Região Administrativa Centro Sul



Fonte: FERREIRA, 1998; CARVALHO, 2001; PRODABEL, 2014. Adaptação do autor.

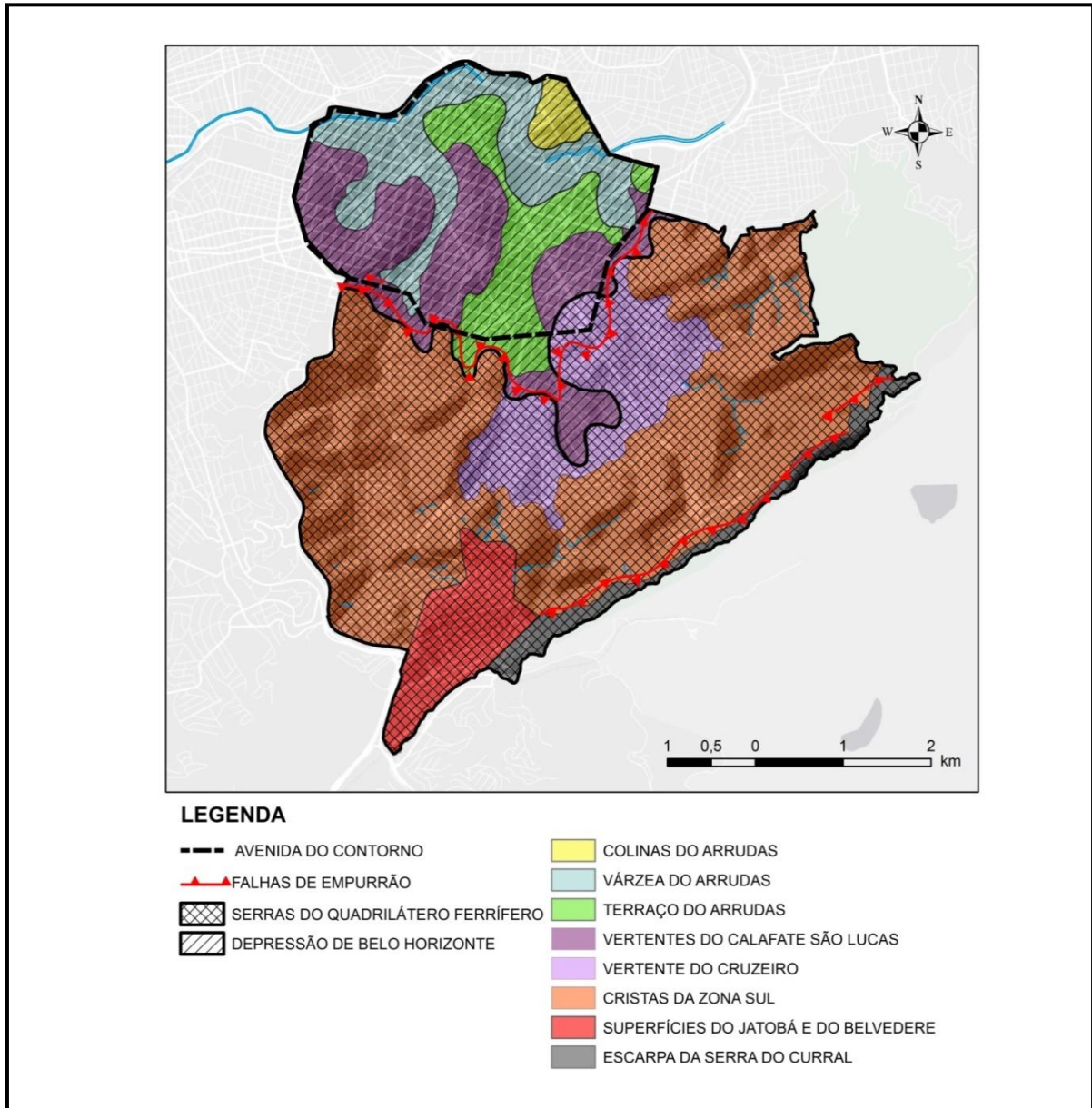
Assim a Regional Centro-Sul torna-se objeto estratégico e complexo de análise, por se encontrar na faixa de contato entre essas grandes unidades de relevo, que cobrem o município, com significativas variações geomorfológicas. Observam-se assim a ocorrência de planos, fundos de vale, cristas, talwegues e colinas, em diversas proporções, orientações, declividades e altitudes, que influenciam as características dos tecidos urbanos existentes.

Para o entendimento dessa diversidade de fisionomias, é necessário o entendimento do papel das falhas de empurrão incidentes sobre a Região Administrativa Centro Sul, em especial a que marca o contato entre as Serras do Quadrilátero Ferrífero e o Planalto de Belo Horizonte. Falhas de empurrão configuram um dos agentes internos de alteração do relevo, mais significativos. Constituem fraturas na crosta terrestre formadas por forças compressoras, nas quais o bloco superior, denominado capa, subiu em relação ao inferior, denominado lapa (FERREIRA, 1998; CARVALHO, 2001). Coincidente com o traçado da Avenida do Contorno, essa formação define aumento nas declividades observadas a partir do traçado da via, bem como a formação de pequenos escarpamentos – ou colinas – sobre os quais incidem as áreas compreendidas entre a falha e as áreas mais altas da Serra do Curral. O relevo marca significativamente a transição entre as duas unidades contíguas e pode ser facilmente associado ao claro contraste entre os tecidos urbanos, sobre elas incidente.

A dinâmica geomorfológica criada por esse contato propicia a criação de diversos compartimentos de relevo, cada um associado às características gerais da grande unidade a que pertence. Tais compartimentos são importantes por constituírem o sistema natural sobre o qual o uso do solo – sistema antrópico – se instala. Influenciam a formação dos tecidos urbanos existentes, caracterizando a fisionomia da floresta ao longo de seus traçados.

De acordo com Ferreira (1998), o sítio urbano de Belo Horizonte pode ser subdividido em 13 tipos de compartimentos de relevo, dentre os quais, 8 encontram-se na depressão de Belo Horizonte e cinco no Quadrilátero Ferrífero. Ao se considerarem os limites da Regional Centro-Sul, verificam-se quatro compartimentos de relevo na depressão de Belo Horizonte e quatro nas Serras do Quadrilátero Ferrífero. A figura 11 apresenta os compartimentos incidentes sobre a Depressão de Belo Horizonte, abrangendo toda a área contida pela Avenida do Contorno e os incidentes sobre as Serras do Quadrilátero Ferrífero, contendo os bairros entre a Avenida do Contorno e as Cristas da Serra do Curral. Observam-se também as falhas de empurrão existentes na região.

Figura 11 – Subdivisão das grandes unidades de relevo incidentes sobre a Administração Regional Centro Sul – Depressão de Belo Horizonte e Serras do Quadrilátero Ferrífero em compartimentos de relevo, com a representação das falhas de empurrão existentes na região e do traçado da Avenida do Contorno



Fonte: FERREIRA, 1998; CARVALHO, 2001; PRODABEL, 2014. Adaptação do autor.

Ao grupo de compartimentos de relevo formado pelas Colinas, Várzea e Terraço do Arrudas, juntamente com o Vertente do Calafate e São Lucas, em função da sua sobreposição com a Depressão de Belo Horizonte, cabe análise conjunta. As várzeas caracterizavam-se por áreas de brejo, por vezes fragmentadas, e morfologicamente condicionadas ao curso do ribeirão. Por sua vez, tanto o Terraço do Arrudas, quanto as Vertentes do Calafate e do São Lucas, constituem-se por planos ou semiplanos, mas com caimento em direção ao Ribeirão do Arrudas.

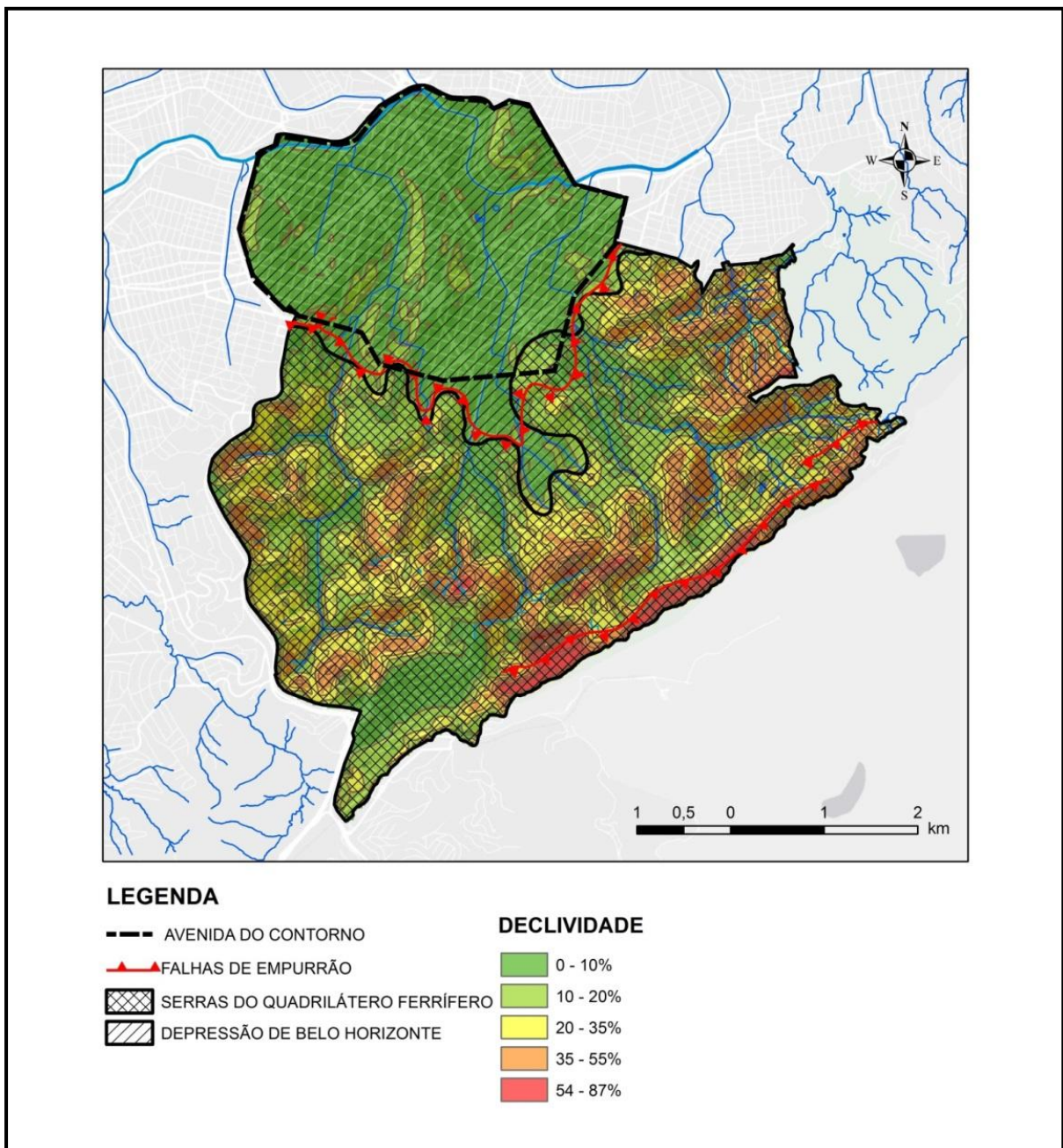
O conjunto formado por esses compartimentos de relevo, provavelmente constituía, antes da ocupação antrópica, um sistema natural relativamente uniforme, mas com indícios de diferenciações entre eles – tanto que viabilizaram a subdivisão apresentada por Ferreira (1998). Essas distinções demandariam certa diversidade na concepção dos tecidos urbanos, durante os processos de instalação do sistema antrópico nessas áreas.

Por outro lado, áreas escarpadas, patamares, grandes desníveis, talvegues, cristas e subcristas, anfiteatros, superfícies elevadas e onduladas, vales encaixados, e vertentes caracterizam a incidência da Regional Centro-Sul sobre as Serras do Quadrilátero Ferrífero. Nessa área, diversidade e especificidade teriam sido dois atributos do sítio escolhido para implantação da capital mineira. O agrupamento formado pelos compartimentos de relevo Vertentes do Cruzeiro, Cristas da Zona Sul, Superfícies do Jatobá e do Belvedere e Escarpa da Serra do Curral apresenta-se como um conjunto muito mais complexo e heterogêneo do que o incidente sobre a Depressão de Belo Horizonte. Constituem um sistema natural com características muito específicas e determinantes do sistema antrópico a ser sobre elas implantado. Suas especificidades, com destaque para o compartimento de maior porte – Cristas da Zona Sul – são significativamente condicionadas pelas falhas de empurrão incidentes sobre a Região Administrativa Centro Sul.

Esse contraste entre as áreas incidentes sobre esses agrupamentos fica clara, na ilustração apresentada na figura 12. A sobreposição dos grandes compartimentos de relevo e das falhas de empurrão com as declividades encontradas na Região Administrativa Centro Sul demonstra que, nas áreas incidentes sobre a Depressão de Belo Horizonte, as declividades variam apenas entre 0 e 20%, com extensas áreas com no máximo 10% de declividade. Já, nas incidentes sobre as Serras do Quadrilátero Ferrífero, observam-se várias manchas, espalhadas na sua extensão, com declividades maiores que 20%, alcançando inclusive, em certos trechos, inclinações superiores a 50%. O quadro denota uma diversidade de relevo significativamente complexa, com maior especificidade e variabilidade de condicionantes para a implantação do sistema antrópico.

No Anexo A encontra-se quadro com o detalhamento de cada compartimento de relevo incidente sobre a Região Administrativa Centro Sul.

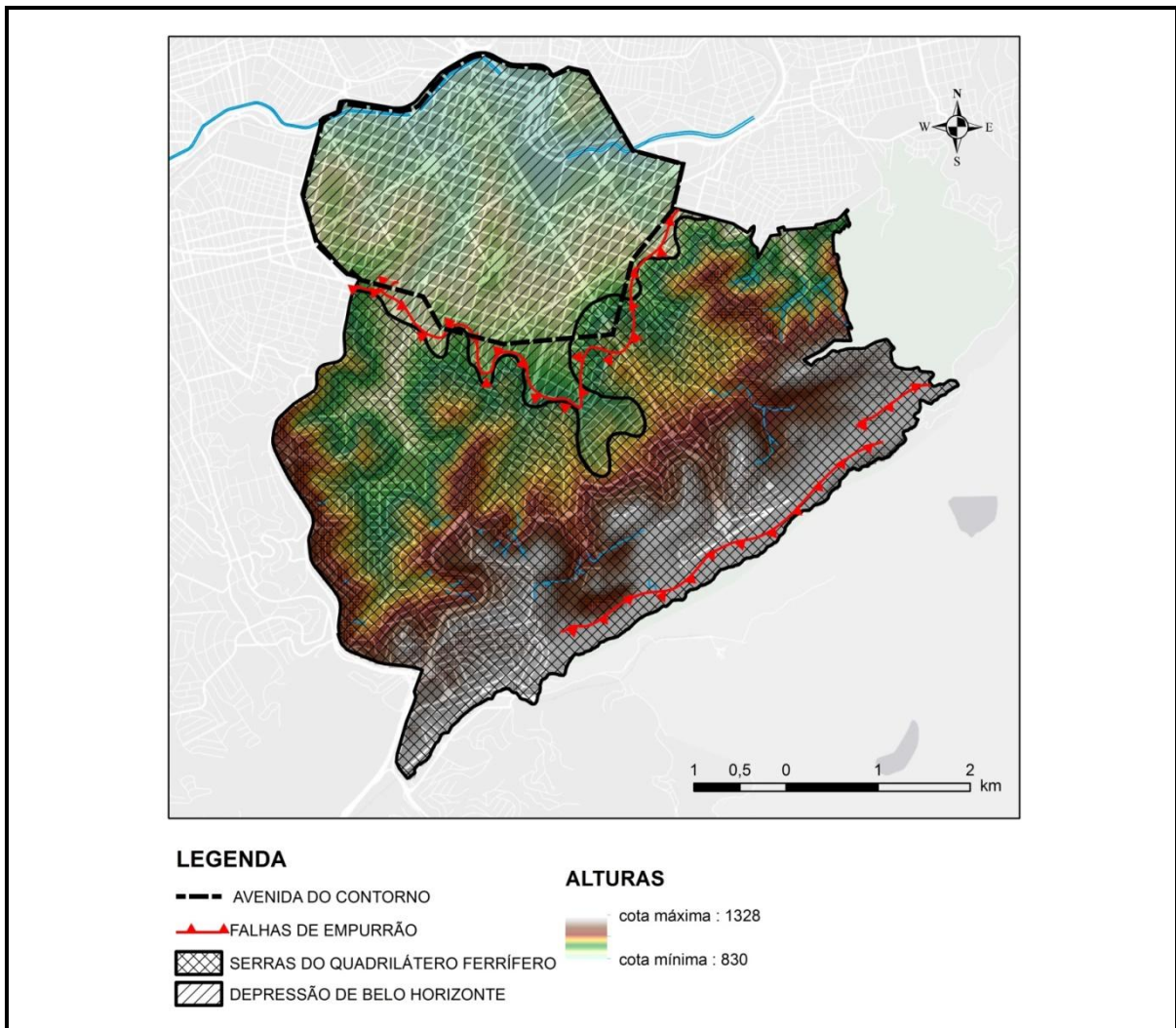
Figura 12 – Sobreposição das grandes unidades de relevo e das falhas de empurrão incidentes sobre a Administração Regional Centro Sul com as declividades da área



Fonte: FERREIRA, 1998; CARVALHO, 2001; PRODABEL, 2014. Adaptação do autor.

Já a figura 13 apresenta as variações de altitude a partir das falhas de empurrão incidentes sobre as unidades de relevo. Somadas às da figura 12, corrobora a influência das falhas de empurrão sobre a configuração contrastante das duas áreas.

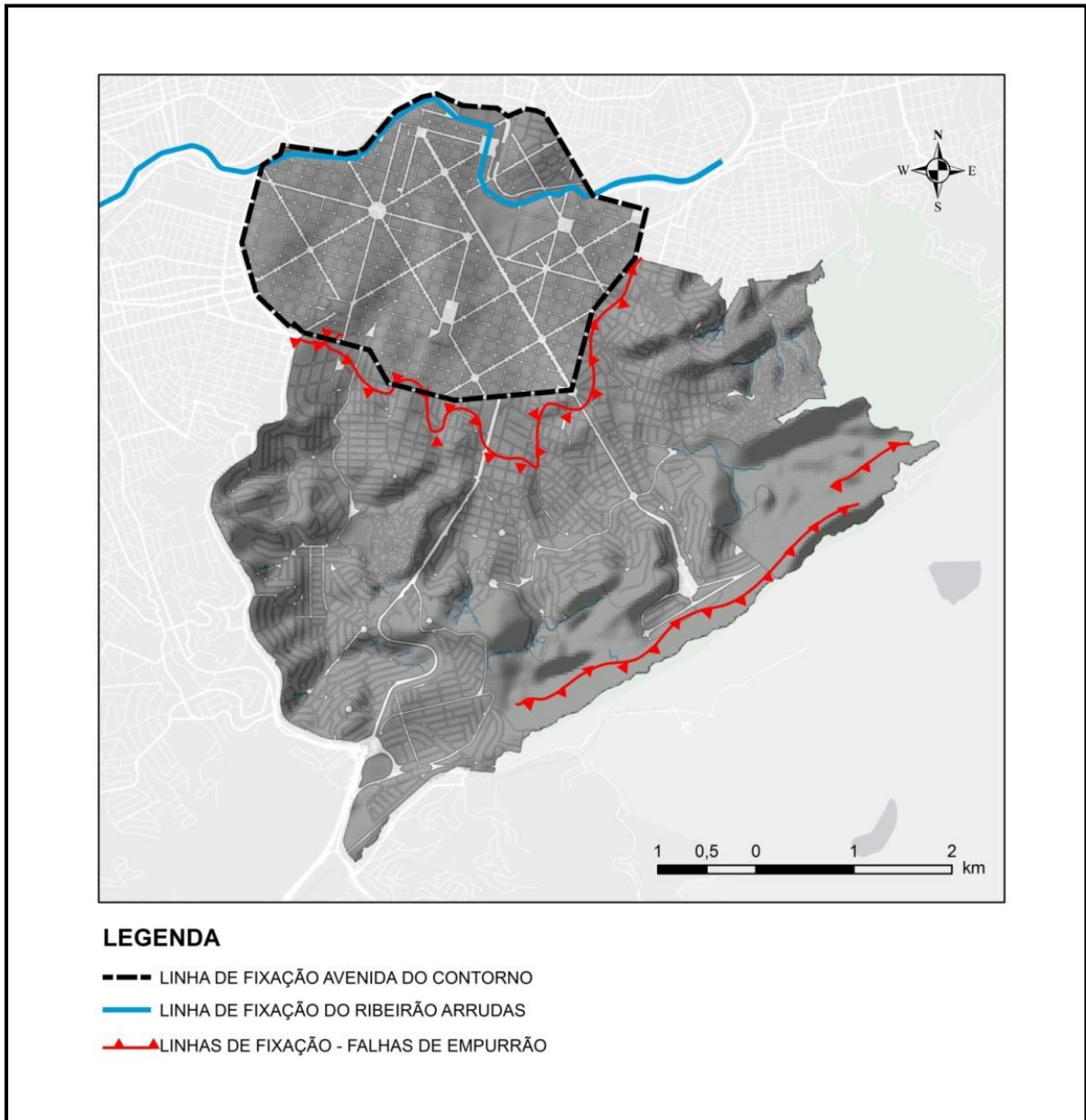
Figura 13 – Sobreposição das falhas de empurrão e das grandes unidades de relevo incidentes sobre a Região Administrativa Centro Sul com a variação entre as cotas máxima e mínima da topografia



Fonte: FERREIRA, 1998; CARVALHO, 2001; PRODABEL, 2014. Adaptação do autor.

Esse contraste entre as feições no sistema natural, determinado pelas falhas, configuram-nas, juntamente com o curso do Ribeirão Arrudas, como **linhas de fixação**. Contudo, um tipo específico: decorrentes dos processos geomorfológicos do sítio. Encontram-se assim dentre os condicionantes originais do plano urbano de Belo Horizonte e do traçado da Avenida do Contorno. Essa Avenida, por sua vez, configura também linha de fixação, mas decorrente das anteriores e produto da concepção do plano urbano de Belo Horizonte. Exemplifica-se assim, como certas fisionomias do sistema natural originam ou conformam os planos urbanos e seus tecidos constituintes. A figura 14 apresenta mapa síntese das linhas de fixação originárias incidentes sobre a Região Administrativa Centro Sul sobrepostas sobre a malha urbana e o relevo simulado da área.

Figura 14 – Mapa síntese das linhas de fixação originárias na Administração Regional Centro Sul, sobre a malha urbana, com a simulação do relevo da área



Fonte: FERREIRA, 1998; CARVALHO, 2001; PRODABEL, 2014. Adaptação do autor.

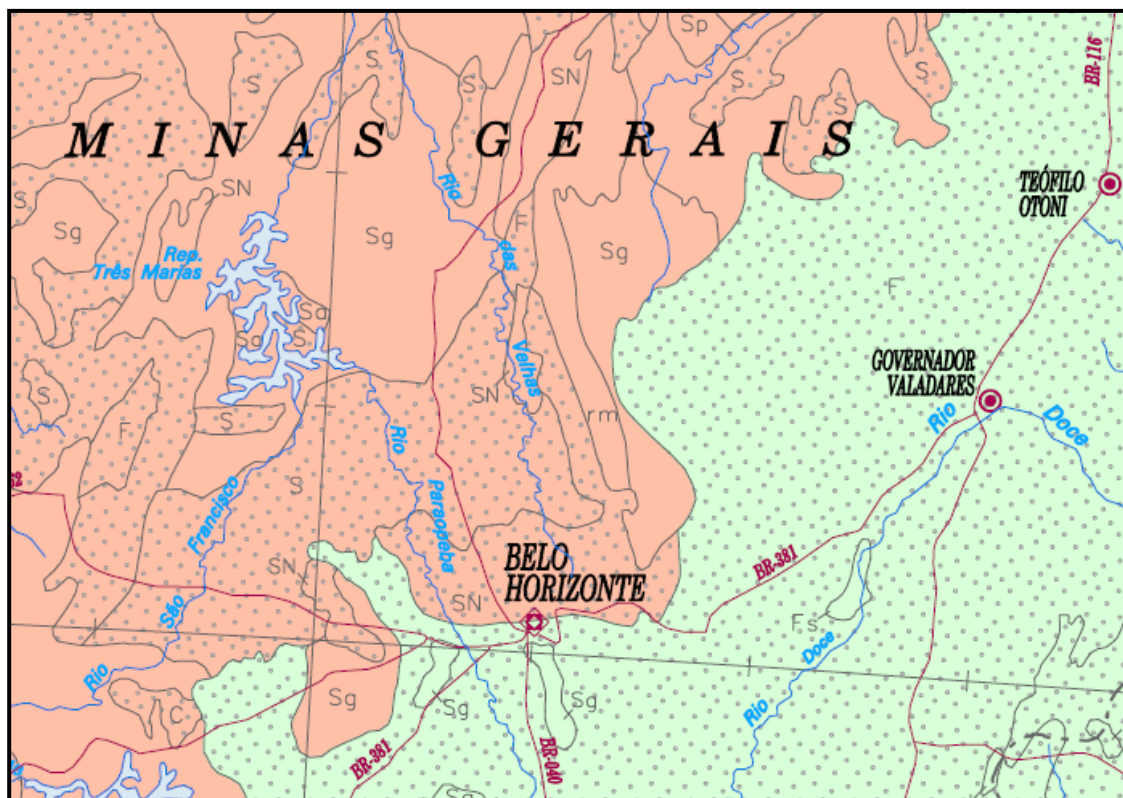
Entretanto, antes de se abordar o processo de implantação do plano urbano e dos tecidos componentes da Região Administrativa Centro Sul – ou sistema antrópico – é importante buscar a percepção da camada vegetação, decorrente do quadro de contraste e especificidade geomorfológica sob estudo. Trata-se de uma tentativa, por meio dos indícios oferecidos pelo relevo e dos relatos históricos e científicos, de se entender a paisagem anterior à ocupação da área, importante para a percepção dos atributos da floresta urbana na região e para a escolha dos trechos vegetados a serem estudados.

3.2.1.2 Relevo e vegetação

De acordo com o item anterior a Regional Centro Sul apresenta significativo contraste e diversidade entre os aspectos abióticos existentes, como solo, geomorfologia, hidrografia, aos quais podem ser relacionados variada gama de habitats.

Essa diferenciação também se traduz em termos bióticos. Da mesma forma que a Regional Centro Sul de Belo Horizonte incide sobre a faixa de contato entre duas grandes unidade de relevo contrastantes, essa região localiza-se, na área de contato entre dois biomas: Cerrado e Mata Atlântica ,de acordo com a figura 15, áreas rosa e cinza, respectivamente.

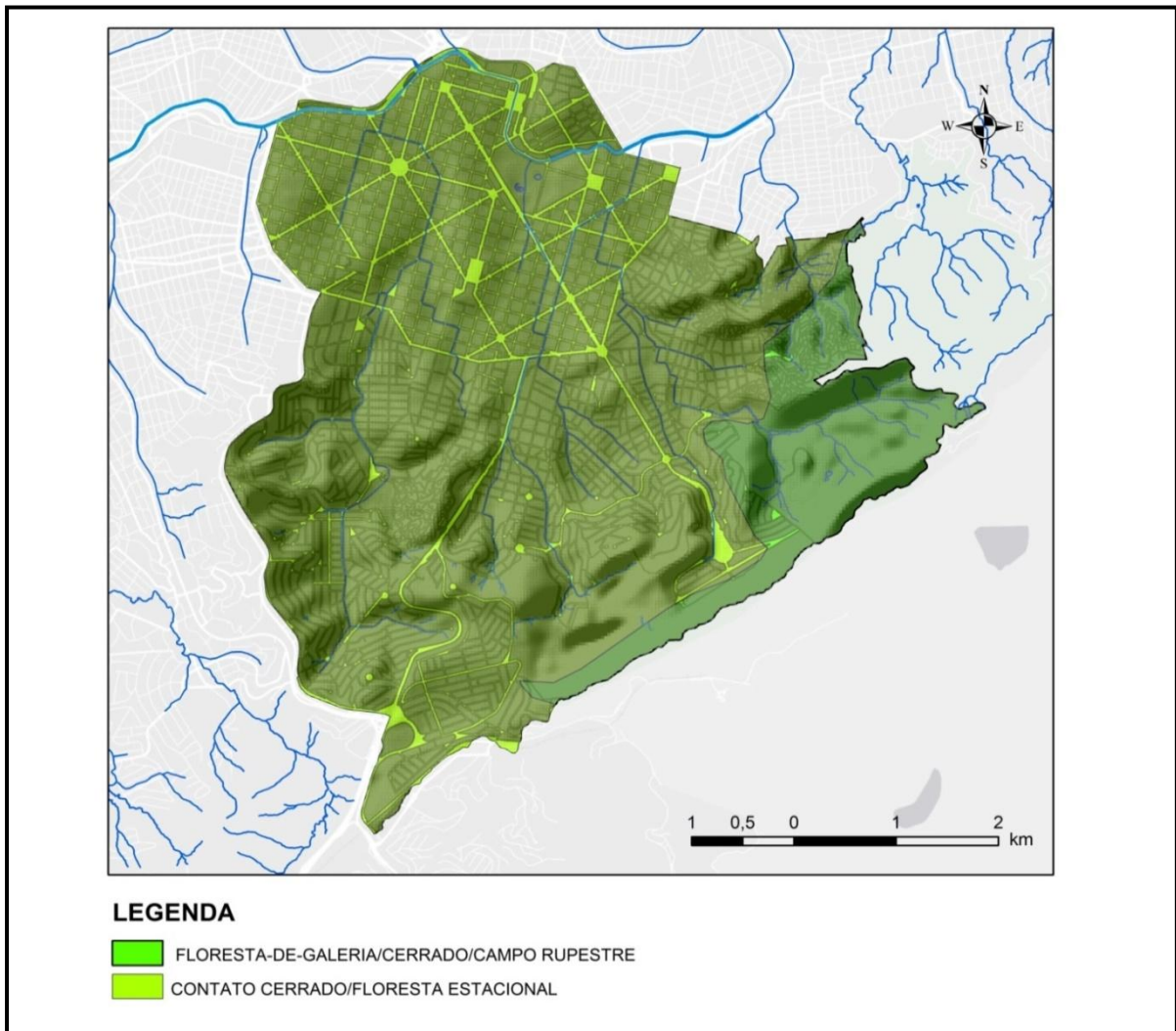
Figura 15 – Mapa de biomas do Brasil ilustrando o contato entre o Cerrado – área em rosa – e a Mata Atlântica – área cinza – no Município de Belo Horizonte



Fonte: IBGE, 2012.

Paralelamente, de acordo com a figura 16, a Regional Centro Sul incide sobre área de contato entre as vegetações Cerrado e Floresta Estacional e sobre área de Cerrado, com Floresta-de-galeria e Campo Rupestre. Em suma, pode-se logo de início presumir que a camada vegetação atribuída ao sistema natural da região é tão diverso quanto o geomorfológico, dele, provavelmente, herdando a complexidade.

Figura 16 – Camada vegetação relacionada ao sítio sobre o qual incide a Administração Regional Centro-sul



Fonte: IBGE, 2014. Adaptação do autor.

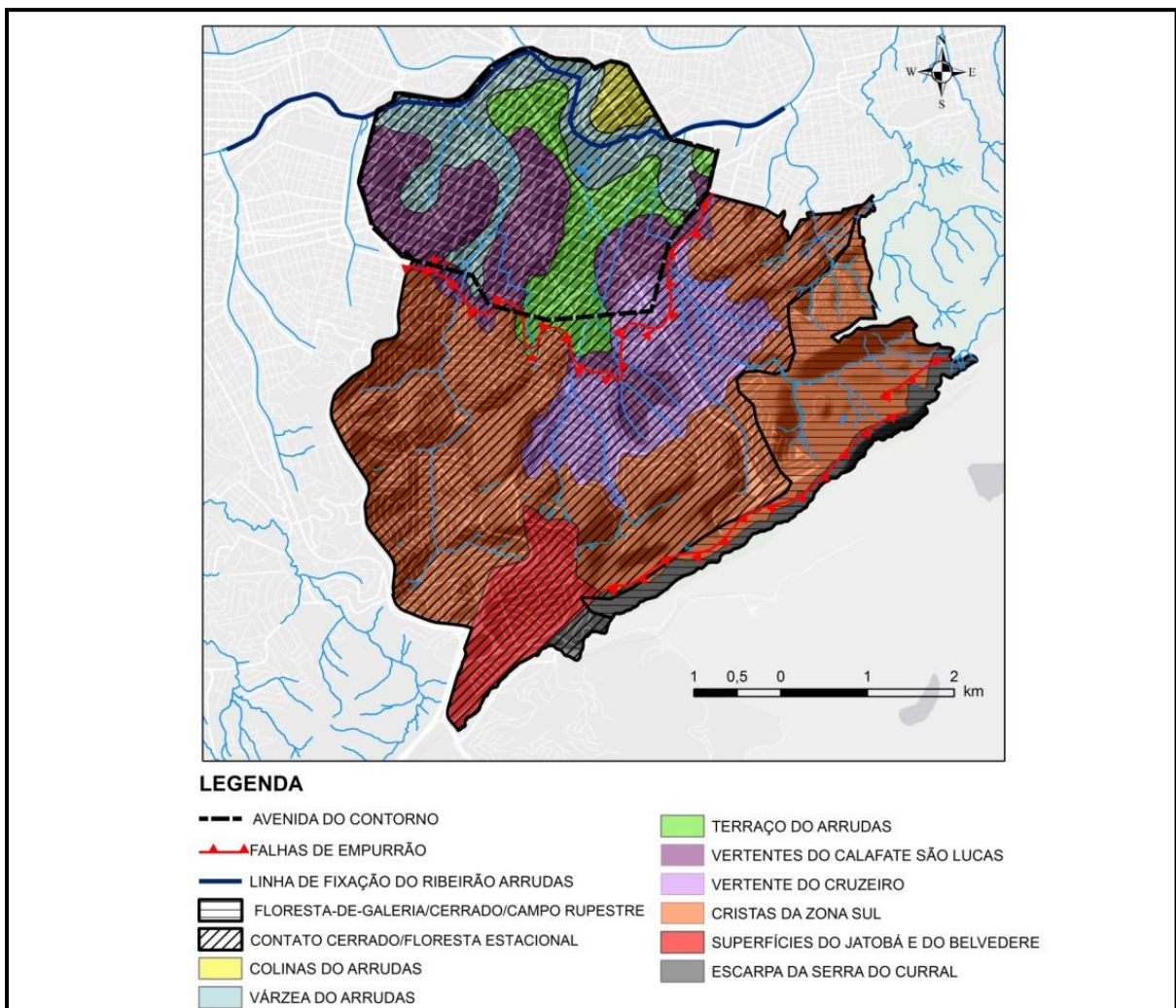
De acordo com a figura anterior, a mancha área de contato entre as vegetações do tipo savana e floresta estacional, indica que, praticamente, toda ocupação urbana incidente sobre a Regional Centro Sul caracteriza-se como ecótono ou área de tensão ecológica.

Ecótonos são faixas de transição entre biomas diferentes, em resposta a mudanças nos gradientes ambientais. São delimitados por fronteiras mais ou menos visíveis, expressas por variações graduais ou abruptas entre comunidades separadas. Nessas áreas, a possibilidade de troca genética entre as espécies de comunidades vizinhas sugere seu valor como reservatório de diversidade. Essas relações, no entanto, são significativamente influenciadas pela variação dos aspectos abióticos do sítio e as especificidades dos habitats (CAMARERO, FORTIN, 2006; FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2009).

Ao se considerar isoladamente a representação dessa área no mapa de vegetação apresentado na figura 16, percebe-se que, ao longo de toda a área, hoje urbanizada, da Administração Regional Centro Sul, existiam, misturadas, tanto áreas de cerrado, quanto de floresta estacional. Essa diversidade, na camada vegetação, acentua-se ainda mais com a ocorrência, nas cotas mais altas da região, de áreas de mata de galeria, com campo rupestre e cerrado.

Entretanto, tais informações não devem ser tomadas de forma isolada. Se agregarmos às propiciadas pela geomorfologia da área e pelos relatos históricos, é possível encontrar mais indícios de possíveis atributos da vegetação anterior à implantação do sistema antrópico. A figura 17 apresenta a sobreposição da camada vegetação incidente sobre a Região Administrativa Centro Sul sobre os compartimentos de relevo apresentados anteriormente.

Figura 17 – Sobreposição da camada vegetação incidente sobre a Região Administrativa Centro Sul, sobre os compartimentos de relevo existentes

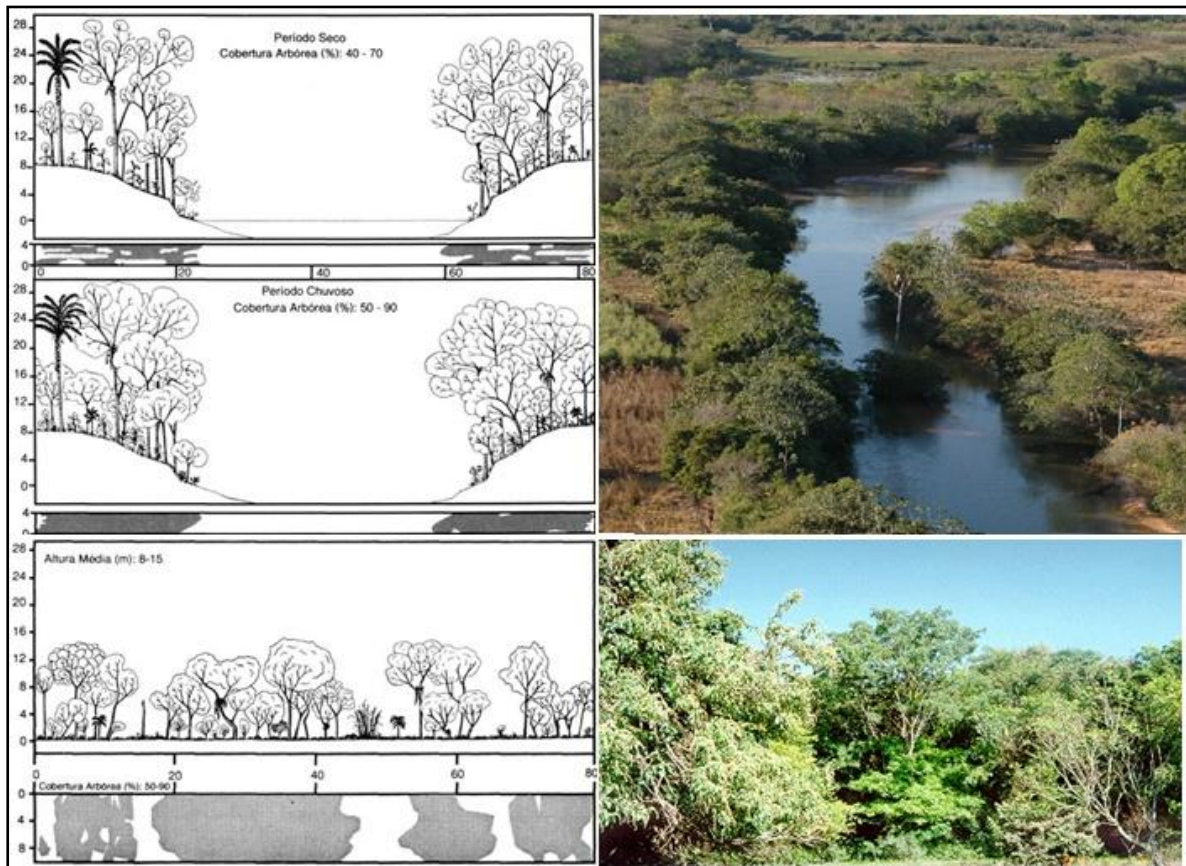


Fonte: FERREIRA, 1998; CARVALHO, 2001; IBGE, 2014; PRODABEL, 2014. Adaptação do autor.

Barreto (1995) associa a área referente à Depressão de Belo Horizonte e aos respectivos compartimentos de relevo incidentes – colinas, várzea e terraço do Arrudas e vertentes do Calafate e São Lucas às vegetações do tipo Cerradão e Matas Ciliares, representadas, esquematicamente, na figura 18. Isso indica a predominância de formações florestais do Bioma Cerrado na camada vegetação da paisagem e significativa densidade arbórea (BARRETO, 1995; FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2009).

Além disso, são encontrados relatos que permitem associar a área referente ao compartimento de relevo Várzea do Arrudas à predominância de áreas significativamente embrejadas, caracterizadas por denso matagal e árvores de grande porte (COMPANHIA VALE DO RIO DOCE, 1992; BARRETO, 1995; RIBEIRO; WALTER, 2014).

Figura 18 – Perfil esquemático e corte das formações vegetais cerradão (abaixo) e mata ciliar (acima)

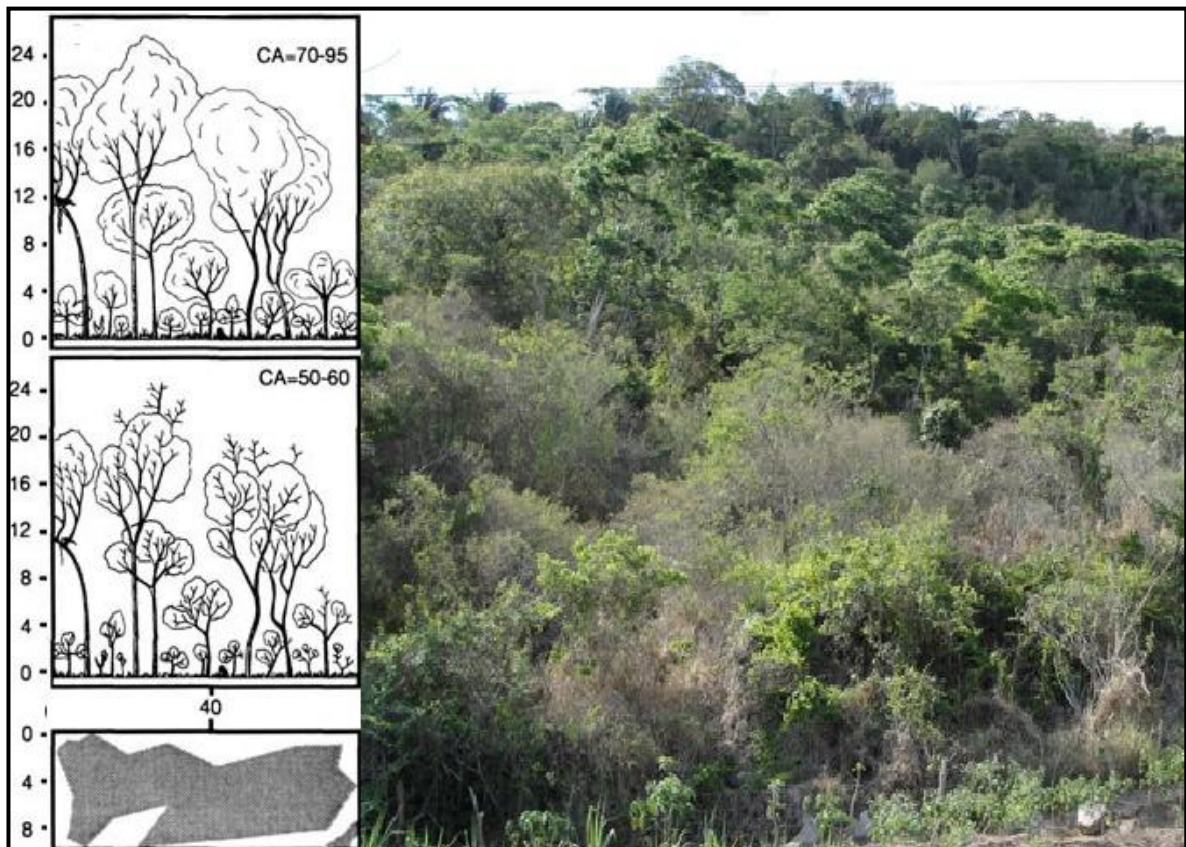


Fonte: RIBEIRO; WALTER, 2014. Adaptação do autor.

Já, nas áreas do quadrilátero ferrífero sobre ecótono, a extrema variação, na topografia, determinada a partir da falha de empurrão, propiciaria a ocorrência de

estratos de vegetação tanto de cerrado savânico e florestal, quanto de mata atlântica – floresta estacional semidecidual (FIGURA 19). Teria ocorrido, principalmente, no compartimento de relevo Cristas da Zona Sul, cuja topografia acidentada teria viabilizado a ocorrência de diversos micro-habitats – cachoeiras, vertentes e talvegues –, associados a altas declividades. As formações de cerrado, propícias em solos mais drenados e planos, poderiam ter incidido sobre o compartimento de relevo Superfícies do Jatobá e Belvedere, compostos por patamares planos e pouco ondulados. Já as formações florestais de cerrado, pelas semelhanças com as Vertentes do Calafate e São Lucas, provavelmente seriam encontradas na Vertente do Cruzeiro. Trata-se da área incidente sobre a Região Administrativa Centro Sul, cuja configuração da camada vegetação teria sido mais diversa e específica, com formações vegetacionais relativas a biomas variados, intercaladas entre si e isoladas em micro-habitats (FERREIRA, 1998; CARVALHO, 2001; FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2009; ARAÚJO FILHO, 2014; IBGE, 2014; RIBEIRO; WALTER, 2014).

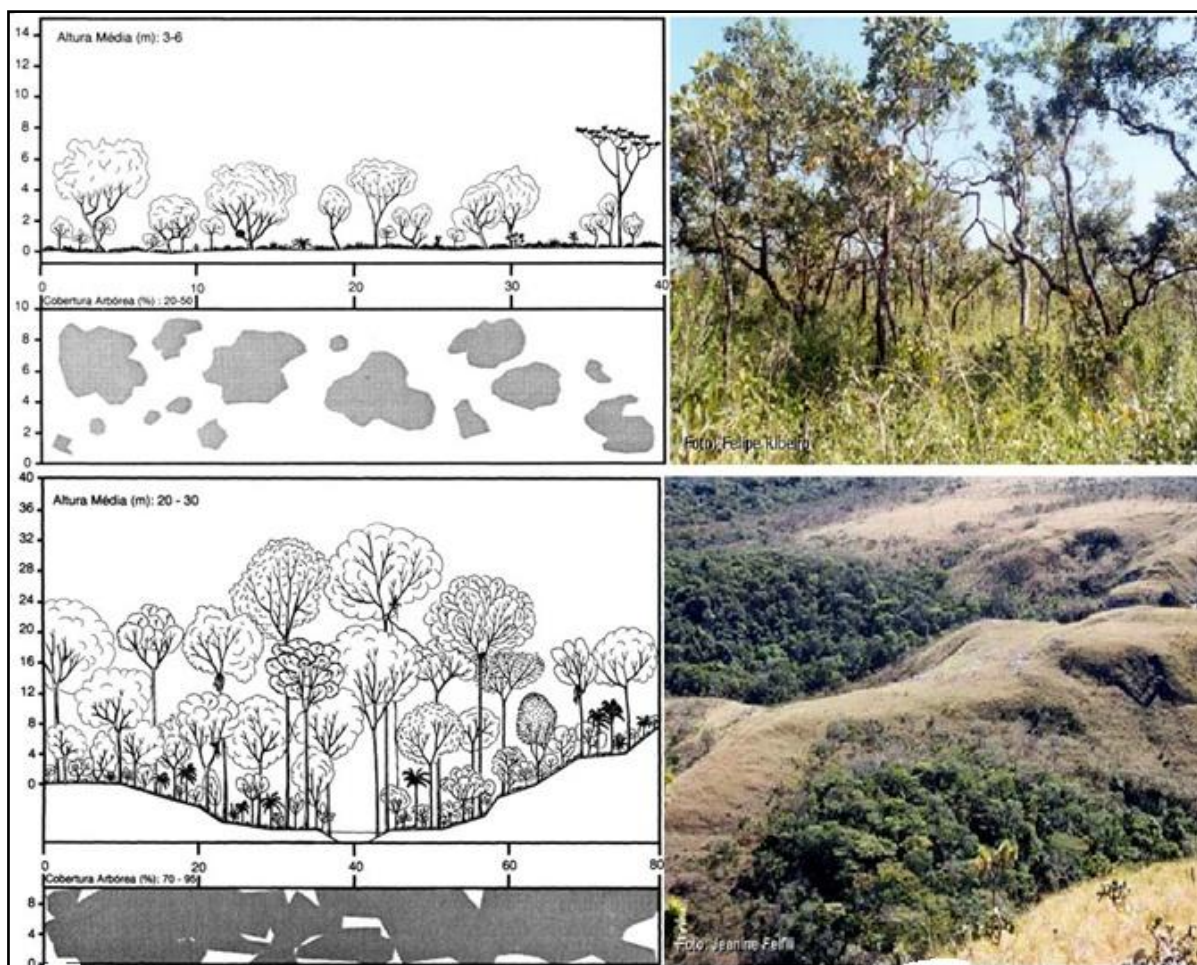
Figura 19 – Perfil esquemático e corte da formação vegetal floresta estacional semidecidual. O perfil superior apresenta a formação durante a época chuvosa e o inferior, durante os períodos mais secos



Fonte: RIBEIRO; WALTER, 2014; ARAÚJO FILHO, 2014. Adaptação do autor.

Cabe ainda explanar sobre a camada vegetação incidente sobre as cotas mais altas da Região Administrativa Centro Sul – cerrado, com floresta-de-galeria – figura 20 – e campo rupestre. Ocorrem nos compartimentos de relevo Escarpa da Serra do Curral e na área mais alta das Cristas da Zona Sul. A mancha de cerrado incidente sobre a área caracteriza-se por árvores baixas, inclinadas, tortuosas e com ramificações irregulares e retorcidas, associadas a arbustos e gramíneas. As florestas-de-galeria são observadas em áreas mais úmidas, como a mata atlântica. Têm como principal característica o encontro ou sobreposição entre as copas das árvores de margens opostas, produzindo uma cobertura constante de vegetação sobre os cursos d'água, geralmente mais estreitos. São encontradas, no compartimento de relevo Cristas da Zona Sul, ao longo do trecho preservado do Córrego da Serra. Já, nas cotas mais altas dos compartimentos Cristas da Zona Sul e Escarpas da Serra do Curral, observa-se a predominância de gramíneas relativas à formação campo rupestre (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2009; IBGE, 2014; RIBEIRO; WALTER, 2014).

Figura 20 – Perfil esquemático e registro fotográfico das formações vegetais floresta-de-galeria (abaixo) e cerrado (acima)



Fonte: RIBEIRO; WALTER, 2014. Adaptação do autor.

Por fim percebe-se que a vegetação incidente sobre a área de estudo apresentar-se-ia tão complexa quanto o relevo, acompanhando, de forma coerente, as diversidades de feições agrupadas nos compartimentos de relevo apresentados.

Pelo perfil das formações vegetais incidentes sobre esses compartimentos, provavelmente compunham conjuntos imbricados e específicos de espécies arbóreas, caracterizados por significativa densidade de copa.

Nesse sentido o sítio em que se encontra a Regional Centro-Sul apresenta complexidade morfológica e estrutural, caracterizando-a como área estratégica para a realização de amostragens para estudo de processos inerentes à configuração da floresta urbana da área, dada a representatividade dos tecidos urbanos decorrentes dessa complexidade. Deve-se ressaltar que o entendimento da configuração dos aspectos físicos do sítio, o sistema natural, é significativamente importante para a compreensão da paisagem urbana que, segundo Hopkins (2003), é configurada pelo nexu multifacetado entre natureza e cultura.

O entendimento de tal nexu ajuda a instrumentalizar o traçado de estratégias de preservação ou reconfiguração da floresta urbana, a fim de agregar eficácia na prestação de serviços ecossistêmicos. Sem o conhecimento prévio do sítio e seus condicionantes, torna-se difícil o entendimento da relação entre o plano urbano e os processos morfológicos que produziram a vegetação presente na cidade.

Busca-se então explicitar as características da floresta urbana resultante do processo de ocupação na Região Administrativa Centro-Sul, a fim de se instrumentalizar a seleção das áreas a serem detalhadas no estudo de caso em relação ao provimento de serviços ecossistêmicos.

3.3 A floresta urbana e o plano urbano na Região Administrativa Centro Sul

Deve-se ponderar que, na concepção inicial, o plano-capital da cidade de Belo Horizonte, em ambas as zonas, urbana e suburbana, previa ampla destinação de espaços livres de uso público. Foram previstas áreas vegetadas com diversas funções, como zonas e cinturões verdes, praças, parques, jardim zoológico, além da previsão de arborização ao longo da matriz viária (BARRETO, 1995; MACIEL, 1998).

No entanto, as áreas destinadas à implantação de floresta urbana não foram implantadas em sua totalidade: apenas 248.566 m² (cerca de 26%) dos 952.651 m²

propostos. Paulatinamente foram ocupadas por outros tipos de uso no decorrer do processo de implantação de Belo Horizonte, que ocorreu da periferia em direção ao centro, pressionando ainda modificações no tecido urbano proposto para a zona suburbana. Fato, provavelmente, corroborado pela atribuição das vendas dos lotes suburbanos e urbanos a diferentes gestores, de esferas diversas, após a extinção da Comissão Construtora em 1898. As unidades, na zona suburbana, ficaram a cargo da Secretaria Estadual de Agricultura e as áreas, na zona urbana, a cargo da Prefeitura Municipal (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997; PEREIRA COSTA; MACIEL, 2009b).

O impacto desse processo sobre a configuração da floresta urbana existente foi significativo, pois essa ocupação improvisada provocou grandes alterações no plano urbano previsto para a cidade, com a ocupação e edificação das áreas livres projetadas. Apesar de significativas ações para a melhoria dos índices de espaços livres de uso público na cidade, com destaque para a implantação do Parque das Mangabeiras em 1980, observa-se, no antigo perímetro da zona urbana, contido na Avenida do Contorno, a existência praças e do Parque Municipal Américo Renê Giannetti. Em contrapartida, a partir do espaço adjacente à Avenida Contorno, observa-se escassez de espaços livres, decorrentes de problemas referentes ao processo de ocupação e expansão do município (MACIEL, 1998).

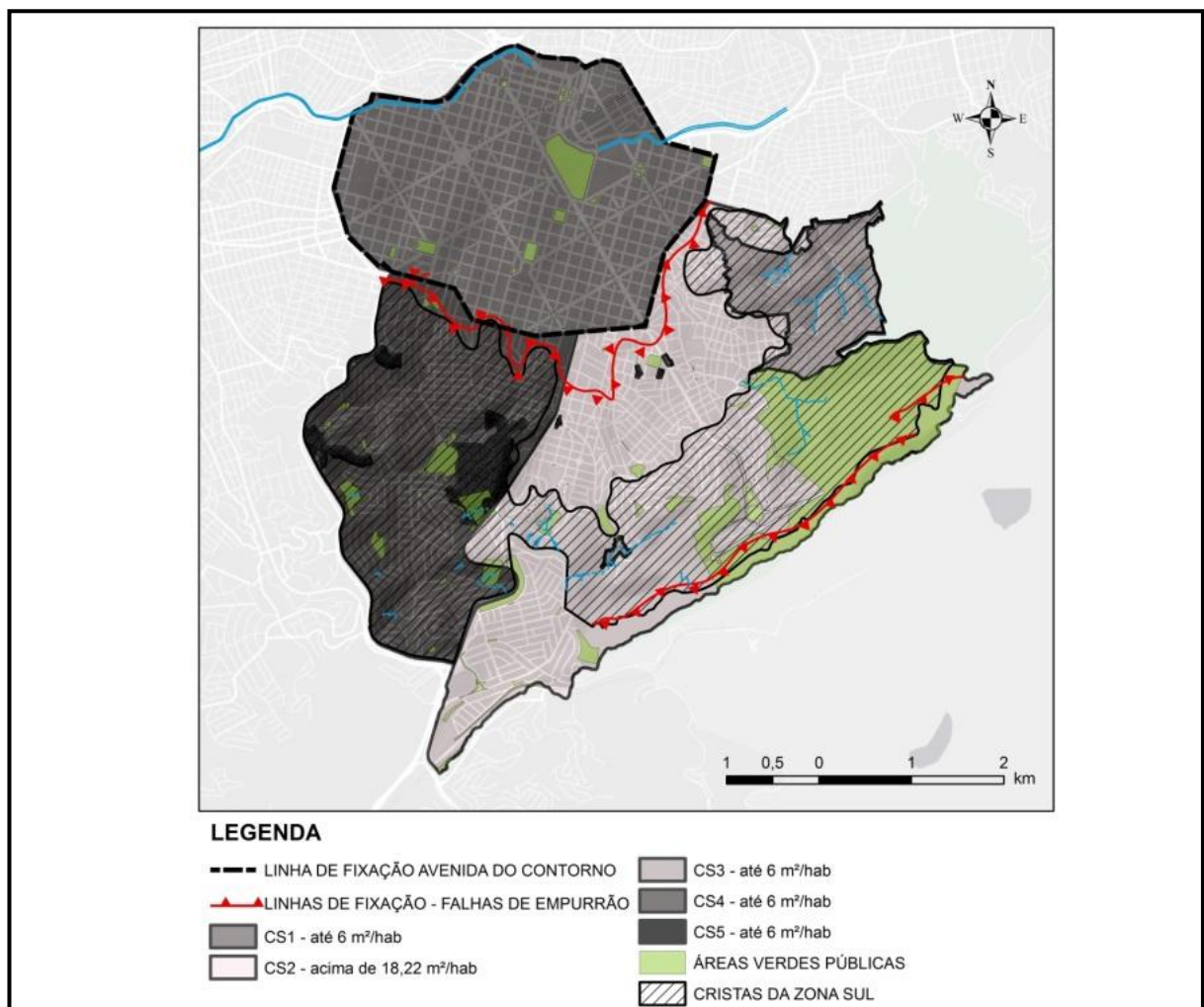
Assim observa-se que, alinhado, e, provavelmente influenciado pelos contrastes entre os sistemas naturais internos e externos à Avenida do Contorno, encontra-se o sistema antrópico dessas duas áreas. Ao tecido urbano ortogonal, que ignora aspectos do sítio e definido no interior de uma linha de fixação projetada, contrapõe-se uma diversidade de outros tecidos, cuja especificidade dos sistemas naturais parecem determinar a forma urbana. Neste, essas condições teriam configurado diversos tecidos urbanos, estruturados pela unidade de relevo – Serras do Quadrilátero Ferrífero – e seus diversos compartimentos. Naquele, apenas um tecido urbano teria sido configurado, pela ignorância dos condicionantes do sítio, interno à Avenida do Contorno – nem mesmo os limites das propriedades rurais pré-existentes teriam exercido alguma influência. Ressalte-se que não se trata de avaliar a qualidade dos tecidos urbanos propostos, mas, o nível de influência do sistema natural sobre a forma de implantação do sistema antrópico, buscando o entendimento das diversas formas de produção e configuração da floresta urbana.

Nesse sentido o importante é investigar qual forma urbana teria gerado áreas mais expressivas de floresta urbana. Cabe lembrar que ainda não está sendo

analisado o desempenho na prestação de serviços ecossistêmicos, mas sim, uma avaliação dos atributos da paisagem urbana, na Administração Regional Centro sul, para instrumentalizar a seleção de trechos de floresta urbana com funcionalidades ambientais expressivas e contrastantes.

Por si só, a Regional Centro Sul merece destaque por conter o maior contingente de espaços livres – cerca de 23,78% –, dentre espaços de natureza pública ou privada (PEREIRA COSTA; MACIEL, 2009b). Entretanto, pela análise da distribuição de áreas verdes por habitante, essa proporcionalidade não ocorre uniformemente ao longo da região. Conforme a figura 21, o compartimento de relevo Cristas da Zona Sul se destaca pela maior concentração de áreas verdes públicas por habitante, bem como abriga a maior quantidade desses espaços. Já, no trecho interno à Avenida do Contorno, a quantidade demonstra-se menor, em número e área.

Figura 21 – Áreas verdes públicas incidentes sobre o compartimento de relevo Cristas da Zona Sul e contidas no perímetro da Avenida do Contorno



Fonte: FERREIRA, 1998; CARVALHO, 2001; PRODABEL, 2014. Adaptação do autor.

Perante o nexos dos sistemas naturais e antrópicos internos e externos à Avenida do Contorno, na Administração Regional Centro Sul, tais áreas demonstram-se aptas a ofertar trechos de floresta urbana contrastantes, cuja investigação estaria alinhada com os objetivos desta dissertação. Torna-se assim oportuno o estudo comparativo entre áreas dentro do tecido urbano interno à Avenida do Contorno e áreas contidas no compartimento de relevo Cristas da Zona Sul.

A escolha, no entanto, pode ser norteada pelas informações relacionadas aos processos morfológicos e de configuração da paisagem apresentada até então.

As Cristas da Zona Sul destacam-se para análise, perante a possibilidade de ocorrência de trechos de floresta urbana que preservem estratos de vegetação nativa. Essa possibilidade se deveria ao condicionamento mais grave dos atributos do sítio sobre a configuração do sistema antrópico implantado: a variabilidade geomorfológica seria mais propícia à geração de áreas vegetadas residuais e menos aptas ao parcelamento urbano. Alguns micro-habitas, com estratos da camada vegetação original, poderiam ter sido preservados.

Já, na área interna à Avenida do Contorno, onde o sistema antrópico se sobrepôs ao natural, caberia escolher outro compartimento de relevo, mas com atributos do sistema natural significativos, dos quais, se verificariam indícios de sua existência, em algum momento, na paisagem, ou se, em algum grau, teriam conformado de alguma forma o tecido urbano no local. Remete-se assim ao compartimento de relevo Várzea do Arrudas. Considerando que toda a área de estudo drenava em direção ao Ribeirão, esse compartimento, inversamente às Cristas da Zona Sul, encontra-se nas cotas mais baixas da área de estudo. Teria apresentado, provavelmente, terras férteis, solos hidromórficos, densa vegetação, com significativa cobertura arbórea de formações florestais de cerrado.

Ao longo de ambos os compartimentos, observam-se linhas de fixação "originárias", decorrentes de atributos do sítio anteriores à ocupação antrópica: o curso do Ribeirão Arrudas e a falha de empurrão no limite superior das Cristas da Zona Sul. Essas linhas de fixação, por marcarem, de alguma maneira, pausas ou

exaustões do crescimento urbano, em Belo Horizonte, demonstram-se propícias à formação de unidades de faixas de hiatos urbanos, *fringe belts*, cujas superfícies suaves poderiam abrigar trechos de floresta urbana com vegetação nativa, ou, pelo menos, indícios das características do sítio anterior à ocupação, de acordo com os compartimentos de relevo que delimitam.

Além disso, a fim de se buscarem indicadores de qualidade, surge também a necessidade de escolha de algum componente de tecido urbano, cujos atributos do sistema natural, ou limiares bióticos, tenham sido significativamente comprometidos, a fim de se aumentar a amplitude dos estudos a serem desenvolvidos.

Busca-se então, na área de estudo, trechos de floresta urbana, com as seguintes características. Um cuja camada vegetação tenha sido significativamente preservada pelo sistema antrópico, com estratos de vegetação nativa e certa estabilidade nos serviços ecossistêmicos prestados, apto a atuar como área de referência. Outro, no qual, o sistema antrópico tenha "apagado" a camada vegetação, comprometendo significativamente a prestação de serviços ecossistêmicos na área; e outro, intermediário, mas que, de certa forma o sistema antrópico tenha "mimetizado" características da camada vegetação, a fim de se verificar o desempenho de determinadas intervenções paisagísticas e se instrumentalizar o traçado de diretrizes de design orientadas para o funcionamento do primeiro modelo.

Assim, ao longo da linha de fixação da falha de empurrão confrontante com as Cristas da Zona Sul, observa-se a unidade de *fringe belt externo* Parque Municipal das Mangabeiras. Em conformidade com as características do sítio, suas superfícies suaves abrigam significativo gradiente de vegetação nativa preservada – floresta-de-galeria e cerrado. Configura-se assim como provável área de referência para este estudo, que, uma vez comprovado relativo equilíbrio na prestação de serviços ecossistêmicos, se tornaria apta para balizar implantação de ações de recuperação ecológica em áreas urbanas.

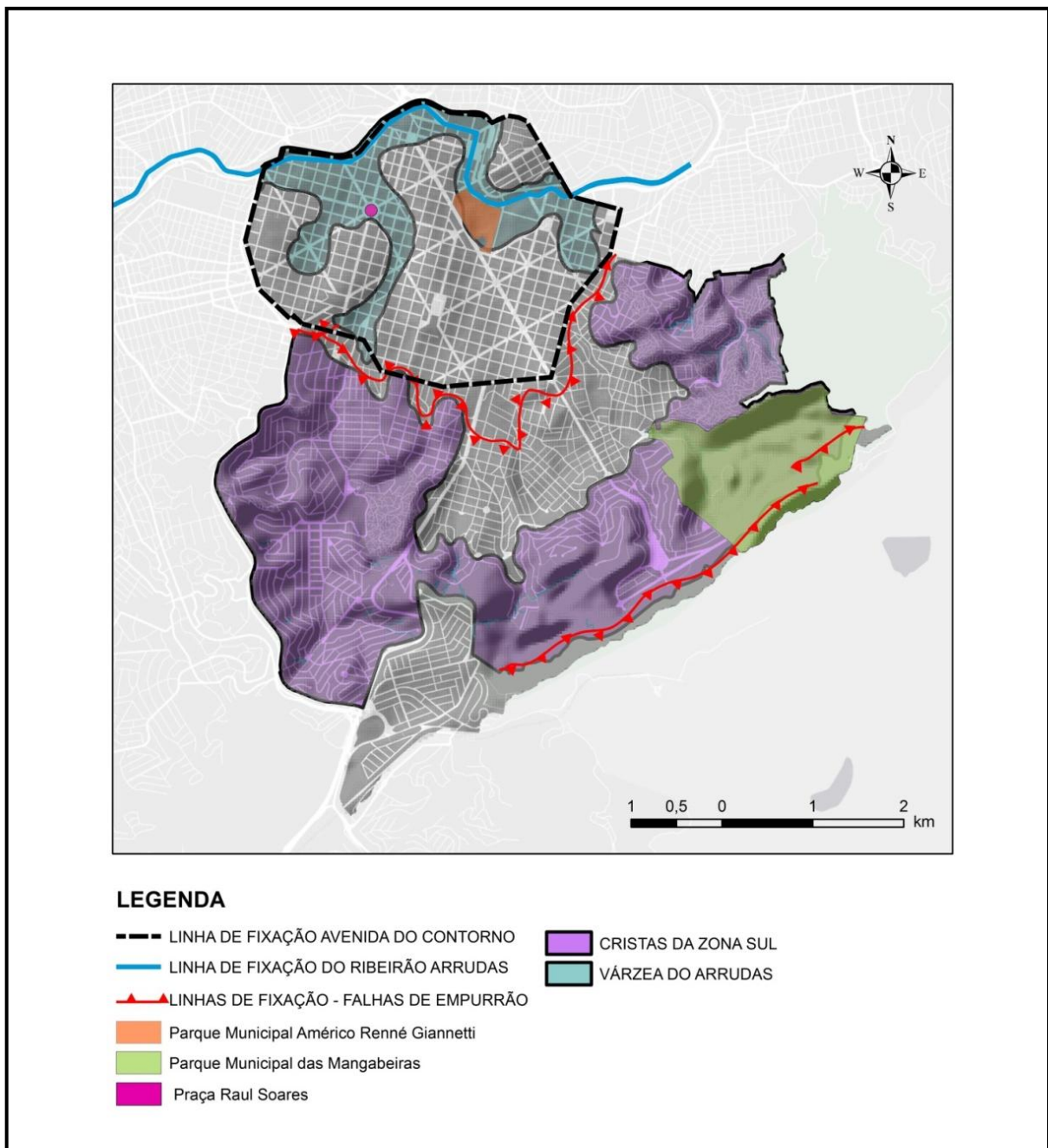
Ofertando um modelo significativamente contrastante para comparação com o Parque Municipal das Mangabeiras, dentro do compartimento de relevo

Várzea do Arrudas, elenca-se a Praça Raul Soares. Elemento constituinte do tecido urbano da Região Central de Belo Horizonte – Bairro Centro – constitui trecho de floresta urbana com o mesmo grau de permanência do sistema viário. Entretanto, suas superfícies suaves parecem não agregar qualquer atributo do sistema natural relacionado ao compartimento de relevo no qual se insere, indicando grave supressão da camada vegetação e apagamento dos serviços ambientais anteriormente prestados pelo sítio.

Já, ao longo da linha de fixação do Ribeirão Arrudas, também no compartimento de relevo Várzea do Arrudas, encontra-se a unidade de faixa de hiato urbano (*fringe belt*) interno – Parque Municipal Américo Renê Giannetti. Trata-se de uma das poucas áreas no tecido urbano interno à avenida contorno, cujo sistema antrópico buscou certa adequação às características do compartimento de relevo em que se encontra – o uso de parque seria compatível com as áreas embrejadas caracterizadas pela ocorrência de formações florestais de Mata Ciliar e Cerradão, solos férteis, além de áreas destinadas ao plantio de frutas e outras práticas agrícolas. Sua superfície suave agrega diversos tratamentos paisagísticos, denotando bastante heterogeneidade, o que a configura como área intermediária, com locais em que o sistema antrópico procura assemelhar-se à camada vegetação, encontrada em ecossistemas florestais e outros, em que a nega completamente. Trata-se de área estratégica para a verificação da eficácia de determinadas tipologias paisagísticas na prestação de serviços ecossistêmicos em relação à área de referência, bem como se, em algum grau, tais práticas preservaram atributos do sistema natural.

A figura 22 apresenta a indicação das áreas selecionadas para estudo, na Região Administrativa Centro Sul, conforme os compartimentos de relevo ao qual pertencem, bem como as linhas de fixação existentes na área. Destaquem-se as áreas relacionadas ao Parque Municipal Américo Renê Giannetti e Parque Municipal das Mangabeiras, que, caracterizados como unidades de faixas de hiato urbano – *fringe-belt*, possuem a particularidade de se localizarem ao longo de linhas de fixação originadas pelo sistema natural.

Figura 22 – Áreas selecionadas para análise comparativa no desempenho de sequestro de carbono com a indicação dos respectivos compartimentos e das linhas de fixação incidentes sobre a Região Administrativa Centro Sul



Fonte: FERREIRA, 1998; CARVALHO, 2001; IBGE, 2014; PRODABEL (2014). Adaptação do autor.

A floresta urbana é produto das diferentes relações entre suporte e cobertura, na paisagem. De acordo com as particularidades do relevo, da camada vegetação existente e pré-existente e, principalmente, as características do sistema antrópico implantado, poderão surgir, pela interação entre esses fatores, trechos mais orientados para um funcionamento de características sintrópicas, e trechos mais direcionados a um funcionamento entrópico, ambos, nos mais diversos graus.

As análises realizadas, por meio do estudo dos atributos da paisagem e de certos preceitos da Escola *Conzeniana* de Morfologia Urbana, elencaram áreas originadas de processos contrastantes. Essas se demonstram aptas a instrumentalizar este estudo, que procura observar diferenças no sequestro de carbono ao longo de trechos diferenciados de floresta urbana. Acredita-se assim ser possível fornecer indícios para o traçado de diretrizes paisagísticas orientadas para a melhoria ou implantação de serviços ecossistêmicos urbanos.

Por sua vez, a busca por esses indícios deve ser instrumentalizada à luz dos processos que levaram à configuração da floresta urbana incidente sobre as áreas selecionadas. É necessária uma aproximação de escala, a fim de entender como se deu implantação do sistema antrópico sobre o natural, bem como os atributos paisagísticos a serem relacionados com o desempenho ambiental de cada trecho.

4 MORFOLOGIA URBANA E PAISAGISMO NAS ÁREAS DE ESTUDO

Uma vez então escolhidas as áreas, procede-se à descrição dos trechos de floresta urbana a serem analisados. São abordadas as concepções paisagísticas, os processos morfológicos relativos às proporções de superfícies rígidas, suaves e de água, bem como as decorrentes variações no estrato arbóreo. Essa explanação inicia-se pelo Parque Municipal das Mangabeiras, para, em sequência, descrever as dinâmicas da Praça Raul Soares e do Parque Municipal Américo Renê Giannetti.

4.1 Parque Municipal das Mangabeiras

Adotado como provável área de referência, o Parque Municipal das Mangabeiras possui uma área de cerca de 2.350.000 m² (235 ha) e situa-se no Bairro Mangabeiras, na Região Administrativa Centro Sul.

Entretanto, para o entendimento dos processos que levaram à configuração desse trecho de floresta urbana seria útil buscar o entendimento dos parâmetros e procedimentos paisagísticos predominantes durante a concepção do projeto do Parque Municipal das Mangabeiras.

4.1.1 Concepção paisagística

Com o avanço nos estudos em ecologia e no conceito de ecossistemas ao longo das décadas de 1950 a 1960, os paisagistas passaram a exercer uma postura de projeto mais focada no processo, ao considerarem a estrutura da natureza nas áreas de intervenção, buscando estabelecer uma maior associação entre paisagismo e ciência. Ou seja, a componente ecológica começa a se consolidar como condicionante dos projetos paisagísticos a serem desenvolvidos, trazendo a importância da preservação da vegetação nativa dentro do meio urbano.

Essa é a linha de trabalho, na qual se destaca Roberto Burle Marx, notório por absorver em sua metodologia de projeto a botânica, o conhecimento da dinâmica dos ecossistemas naturais e as especificidades do sítio. Entendia que a concepção de espaços deveria ser atrelada essa abordagem, importante para a manutenção do equilíbrio ecológico.

Foi nessa linha que o paisagista concebeu o Parque Municipal das Mangabeiras, que ainda permanece emblemático, na contemporaneidade, como iniciativa de projeto atrelado à componente ecológica, bem concebido, desenvolvido e construído (MACEDO; SAKATA, 2002; FARAH, 2010).

Assim a concepção do projeto do parque agrega ao sistema antrópico da área o caráter de preservação ambiental, que somadas às análises sobre a paisagem urbana da Administração Regional Centro Sul, justificam sua adoção como provável área de referência, com a possibilidade de ocorrência de estratos de vegetação nativa aptos para a análise.

Contudo, como essa parte da floresta urbana de Belo Horizonte permaneceu tão preservada ou alcançou tal equilíbrio? Quais atributos dessa paisagem podem instrumentalizar a pesquisa do desempenho de outros trechos de floresta urbana no sequestro de carbono, bem como de diretrizes paisagísticas nesse sentido concebidas?

Cabe, pois com base nos indícios até agora apresentados, instrumentalizado pela escola *Conzeniana* de morfologia urbana, estudar os processos estáticos e dinâmicos referentes à vegetação, no Parque Municipal das Mangabeiras.

4.1.2 Morfologia urbana e configuração paisagística do Parque Municipal das Mangabeiras

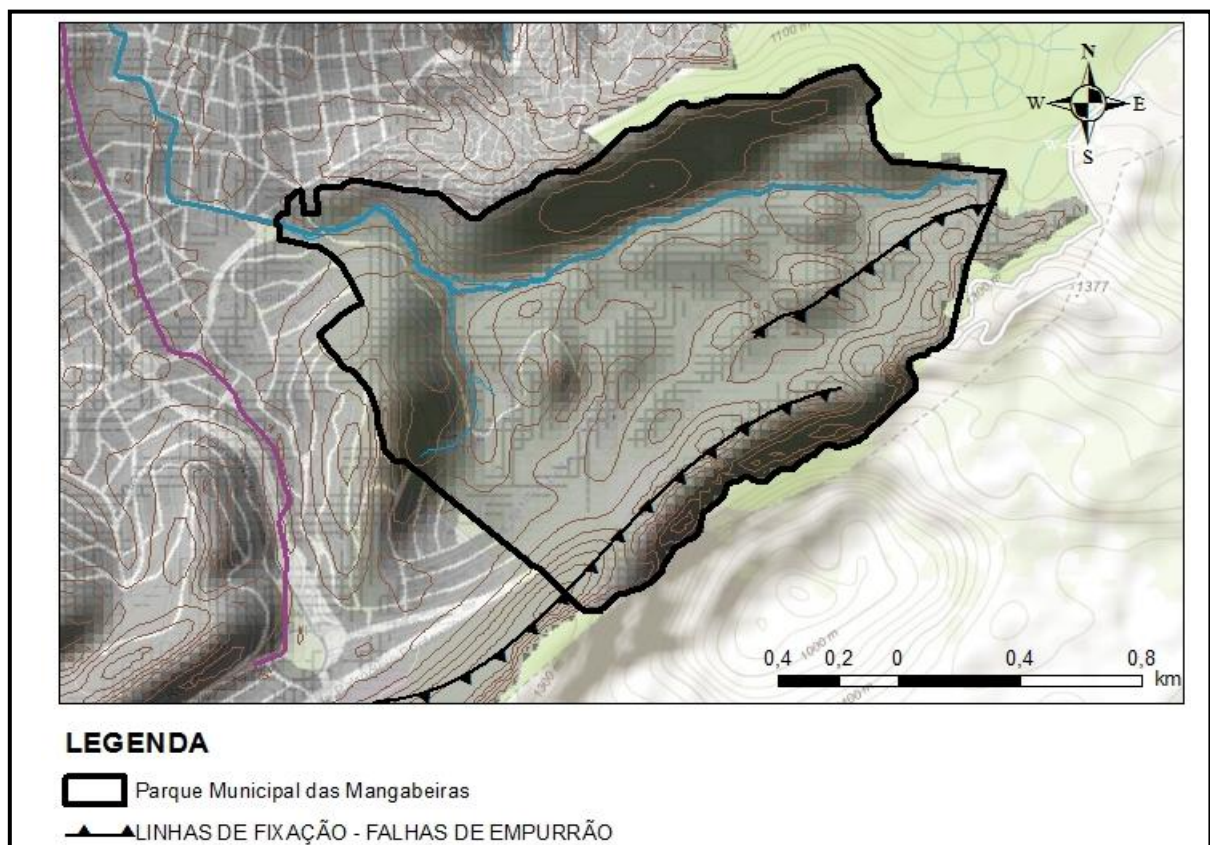
Iniciando-se com o estudo da relação das três formas complexas - plano urbano, tecido urbano e, principalmente, do uso do solo, busca-se o entendimento da configuração da floresta urbana no Parque Municipal das Mangabeiras, por meio da observação dos dois tipos de tipo de relação entre essas formas, apresentados por Hopkins (2013) e referenciados no item 2.1 desta dissertação.

4.1.2.1 Relações estáticas

Conforme abordado no capítulo 3, o Parque Municipal das Mangabeiras configura-se assim como unidade de faixa de hiato urbano – *fringe-belt* – externo, localizado ao longo de uma falha de empurrão existente na divisa entre os compartimentos de relevo Cristas da Zona Sul e Escarpa da Serra do Curral.

Essa falha configura-se como uma linha de fixação, extremamente atrelada às características do sistema natural. É um agente interno de alteração de relevo responsável pelo aumento ainda maior das declividades até a crista da Serra do Curral e um certo rebaixamento da área em que incide o parque - fenômeno ocorrente também ao longo da outra falha de empurrão, nas cotas mais baixas da Região Centro Sul. Essa falha de empurrão, provavelmente, contribuiu também para a constituição do vale, sobre o qual incide o parque, propiciando certo isolamento da camada vegetação existente - a mata de galeria referente ao Córrego da Serra e seus afluentes. A figura 23 apresenta detalhe da simulação do relevo do Parque Municipal das Mangabeiras, com a representação da falha de empurrão supracitada e do Córrego da Serra. Verifica-se claramente como o relevo propicia uma superfície "côncava", mas elevada em relação ao restante da região, propícia para a criação de condições edáficas – isolamento de espécies –, mas também de preservação, perante o crescimento urbano de Belo Horizonte.

Figura 23 – Detalhe da simulação do relevo do Parque Municipal das Mangabeiras, com a representação do Córrego da Serra e da falha de empurrão existente na área, criando condições propícias para a preservação de estratos de vegetação original perante o crescimento urbano de Belo Horizonte



Fonte: FERREIRA, 1998; CARVALHO, 2001; IBGE, 2014; PRODABEL, 2014. Adaptação do autor.

Com base no exposto, o Parque Municipal das Mangabeiras apresenta-se como uma unidade de faixa de hiato urbano - *fringe-belt* que referencia um segundo momento de expansão da cidade. Como tal surgiu pela interseção de aspectos da dinâmica imobiliária com as barreiras interportas pelos significativos atributos do sítio, os quais, por sua vez apresentam-se graves para a preservação das dinâmicas ecossistêmicas a serem estudadas.

Por isso a importância de uma área com os atributos do Parque Municipal das Mangabeiras para a configuração da floresta urbana de Belo Horizonte: uma área estruturada como unidade de *fringe-belt*, de cujo uso do solo, ou implantação do sistema antrópico – a ser mais bem explicado na análise dos processos dinâmicos – resultou a significativa predominância de importantes estratos de vegetação nativa sobre as formas construídas. São encontradas nas dependências do parque subdivisões de usos funcionais referentes ao equipamento, mas é clara a predominância de superfícies suaves (significativamente vegetadas) sobre superfícies rígidas (estradas e construções). Sua configuração parece ratificar a importância desse tipo de forma urbana para a incorporação e preservação, no tecido urbano, de habitats referenciais para ações de recuperação ecológica em meio urbano.

Estima-se que 93,62% do parque é constituído por superfícies suaves enquanto apenas 6,03 % e 0,35%, são compostos por superfícies rígidas e de água. Deve-se frisar que, como a vegetação do parque ao longo do córrego da serra e seus afluentes é constituída por mata de galeria – as copas das árvores nas margens opostas se encontram cobrindo completamente o rio –, suas áreas foram computadas como superfícies suaves, para fins deste estudo.

Caracterizando as superfícies suaves do parque, observa-se que são compostas por uma notável e variável vegetação, tanto endêmica, quanto oriunda de intervenções paisagísticas. Nas cotas mais altas, encontram-se trechos cerrado e campo rupestre e nas áreas mais baixas, há a ocorrência de mata de galeria. Naquela predominam gramíneas, Canelas de Ema, Pau-Santo, Barbatimão, Candeia, Caviúna e Mangaba. Nas partes mais baixas do Parque, passam diversos cursos d'água e se concentra grande quantidade de solo fértil. Isso propicia a consolidação de vegetação de grande porte, classificada como mata de galeria e composta predominantemente por Jacarandá, Vinhático, Jequitibá e a Quaresmeira (MACIEL, 1998; MACEDO; SAKATA, 2002; SÁ CARNEIRO, 2010; IBGE, 2014; PBH, 2014).

Já, de acordo com Farah (2010), as áreas de superfície suave referentes à vegetação inserida se restringiram apenas a locais específicos do parque, com altíssimo índice de degradação e limiar abiótico há muito ultrapassado. Entretanto é significativo o respeito do projeto pela paisagem na qual se encontra, tomando o cuidado de introduzir preferencialmente espécies vegetais autóctones (nativas), como o mulungu, o cipó-de-são-joão, o jerivá, o coco-do-campo e a aleluia, a fim de referenciar, no projeto, a região.

4.1.2.2 Relações dinâmicas

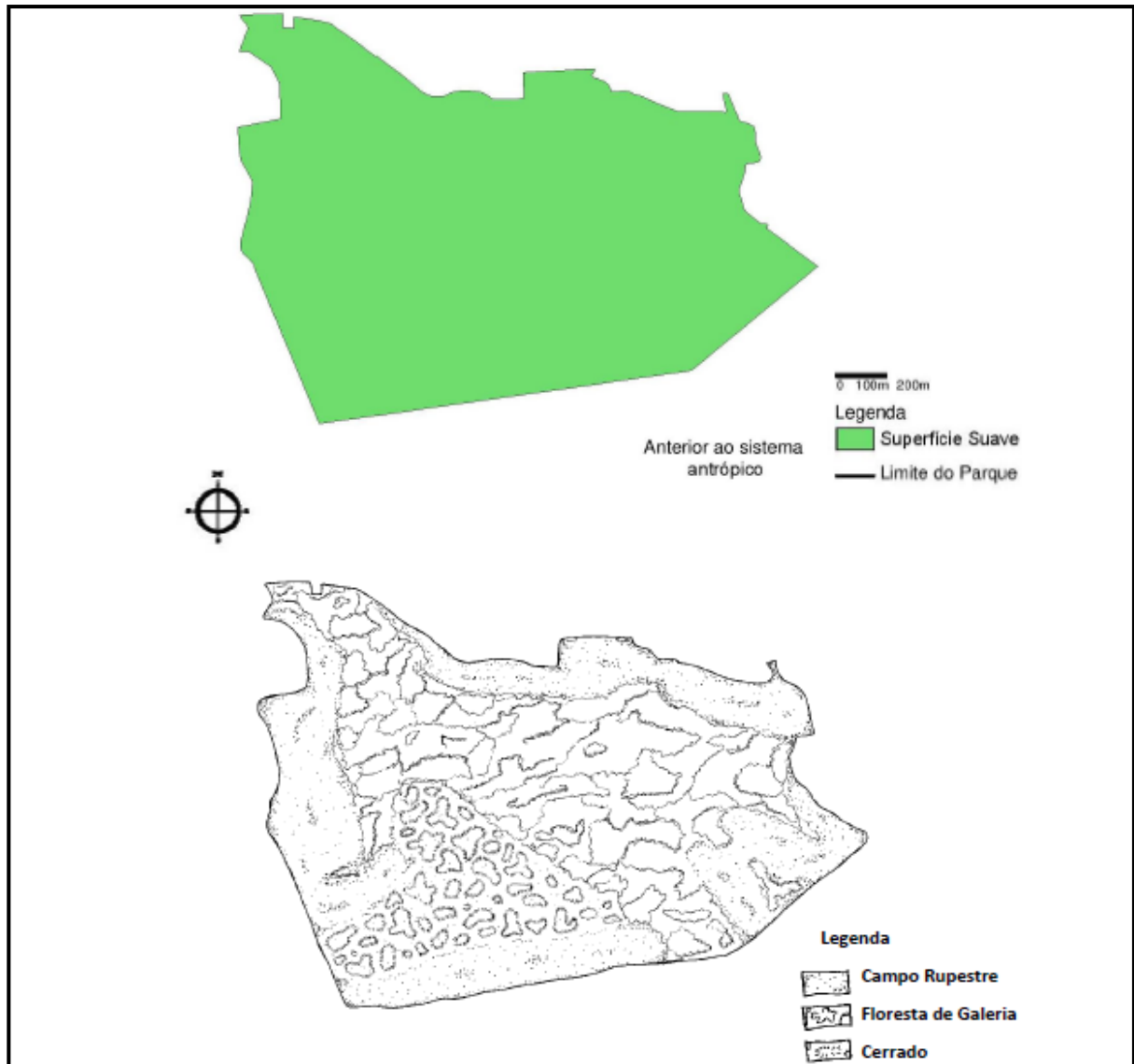
Nas **relações dinâmicas**, a abordagem deve ser morfogenética (histórica e temporal), verificando os processos de configuração da floresta urbana relacionada com do Parque Municipal das Mangabeiras ao longo do tempo. Deve-se ter em vista o grau de transformação das formas complexas - plano urbano, tecido urbano e uso do solo - ao longo do tempo, sem deixar, contudo, de se considerar o processo de constituição da área como unidade de faixa de hiato urbano – *fringe-belt* – externo. A identificação que se segue das modificações nas configurações das superfícies rígidas e suaves no parque, ao longo do tempo, é importante para o entendimento das dinâmicas a que se sujeitam a vegetação.

Foram então selecionados quatro momentos em que se verificam importantes variações entre as superfícies suaves – vegetadas –; rígidas – construídas – e de água, com base nos estudos estabelecidos por Hopkins (2003), aos quais se agregou a decorrente ilustração das formações vegetais do parque em cada período. Os cenários foram elaborados com base nos indícios apresentados pelo PLAMBEL (1977); Lopes *et al.* (2011); Maciel (1998); PRODABEL (2014) e PBH (2014).

O primeiro período a ser abordado é o referente à paisagem anterior à implantação do sistema antrópico. A figura 24 apresenta a composição da superfície do parque, juntamente com a ilustração da vegetação correspondente. De acordo com o representado a área era completamente composta por superfícies suaves. O quadro permaneceu inalterado, inclusive durante o século XIX, quando a área pertenceu à fazenda Capão, até o ano de 1941. Em relação à composição da vegetação, observam-se os estratos de campo limpo de cerrado nas áreas mais

altas e as matas de galeria, nas áreas mais baixas, ao longo das nascentes e corpos d'água, intercalados por faixas de savana arborizada.

Figura 24 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal das Mangabeiras anterior à ocupação antrópica (acima) e ilustração da vegetação incidente

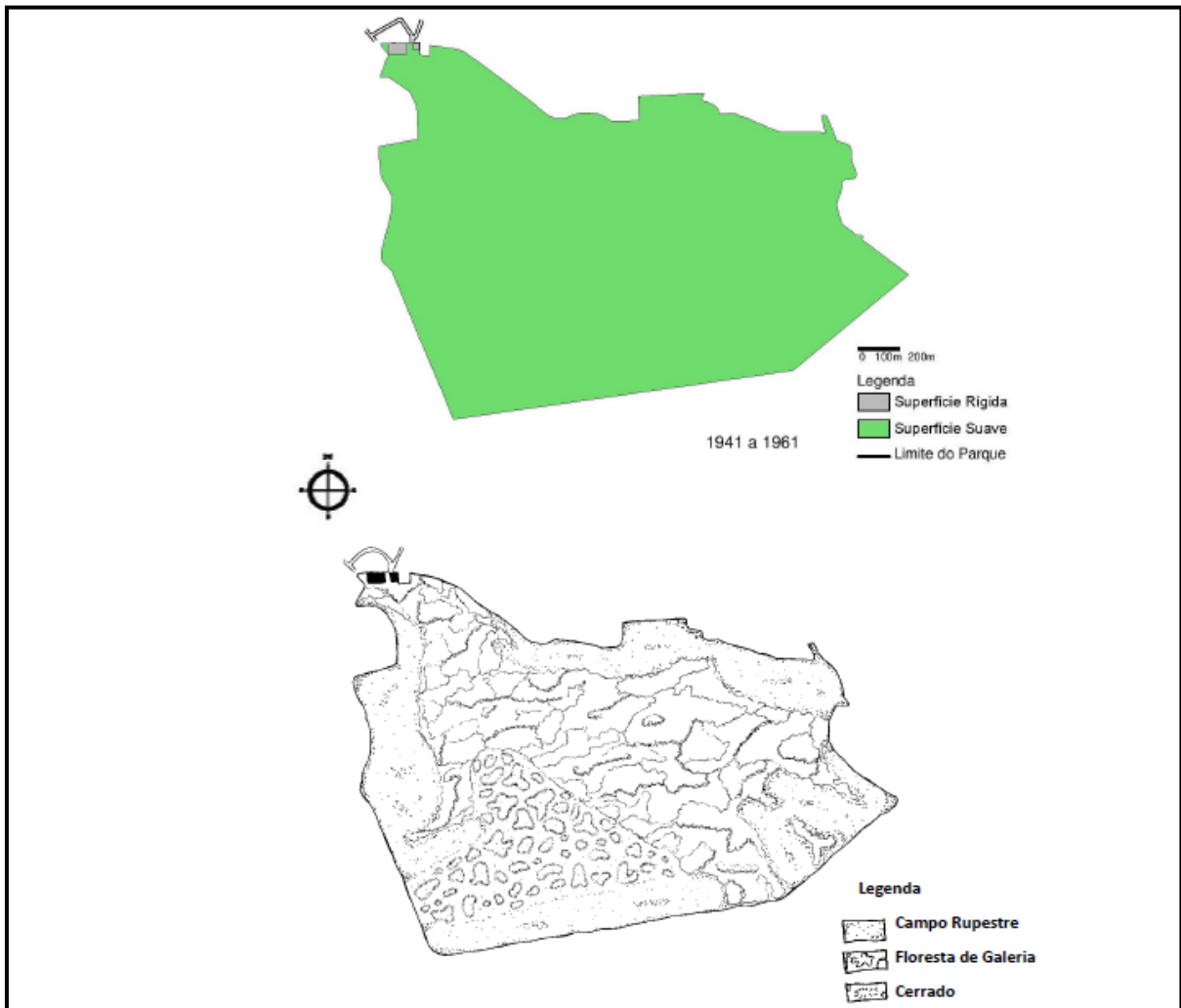


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

Em 1941 incide a primeira superfície rígida na localidade, conforme a figura 25. Tratava-se da área ocupada para a implantação de uma estação de tratamento de águas, destinada ao atendimento às ocupações do Bairro da Serra. Com essa obra, a proporção entre superfícies rígidas e suaves, ficou em torno de 0,2% e 99,8%, respectivamente. Não se observam variações significativas na vegetação, de acordo com o ilustrado.

Figura 25 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal das Mangabeiras entre 1941 e 1961 (acima) e ilustração das formações vegetais referentes ao período

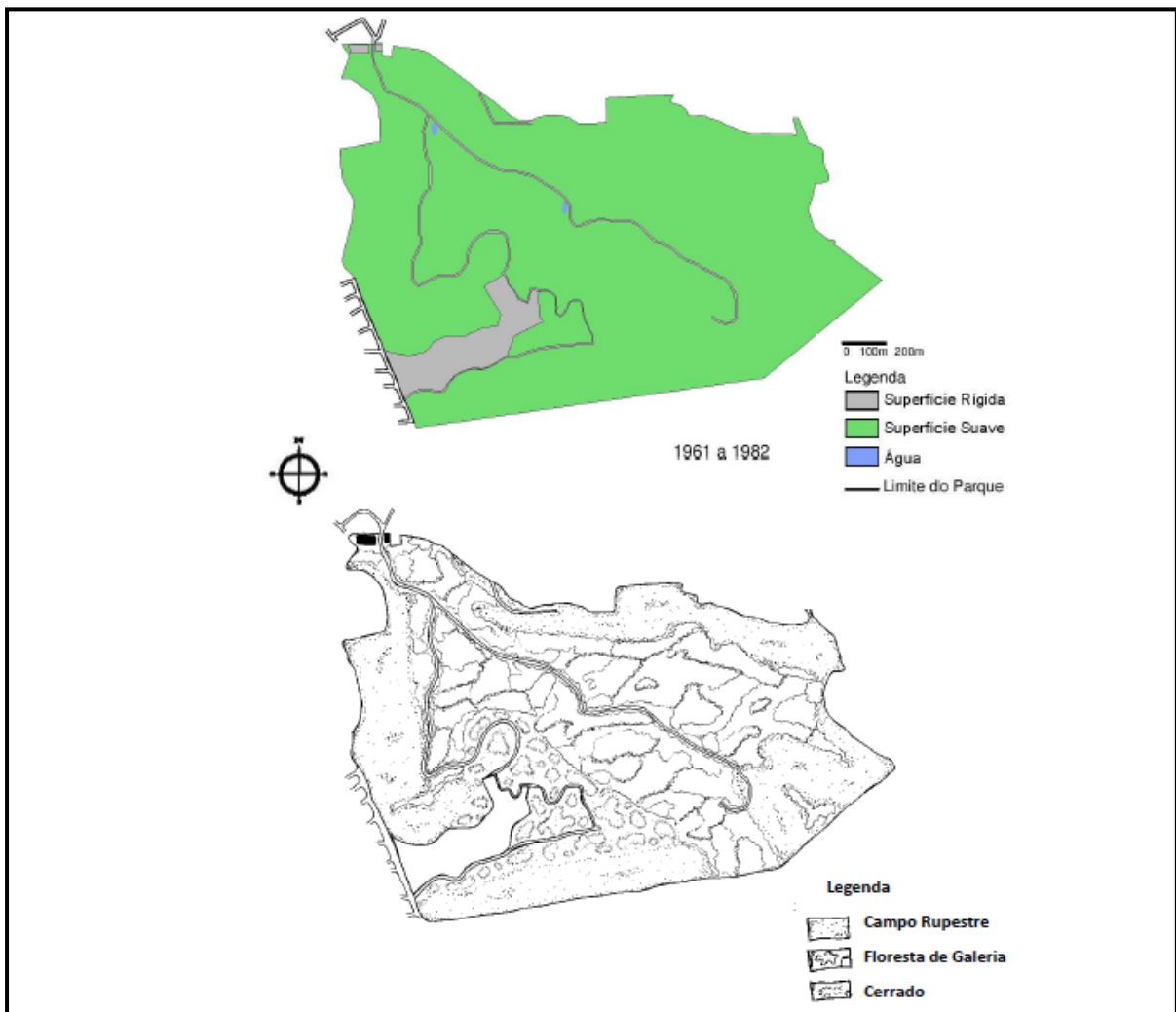


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

Contudo, em 1961 a companhia Ferro Belo Horizonte S.A (Ferrobela) instalou-se na área do parque para exercer atividades de mineração. Em 1966, foi criado, o parque, mas sua implantação foi autorizada apenas em 1974. Mas, apenas em 1979, a Ferrobela encerrou suas atividades e saiu da área – inclusive pelas pressões populares em prol da preservação da Serra do Curral. Foi o período de maior degradação do sítio. O prejuízo foi significativo, com um aumento das superfícies rígidas para 6,4% e consequente diminuição das superfícies suaves para 93,52%, surgindo um percentual de 0,08% de superfícies de água, provavelmente decorrentes de desmatamentos para a retirada de água para as atividades de mineração – figura 26. De acordo com a ilustração da vegetação, houve supressão de vegetação de cerrado e abertura de vias cruzando todos os estratos vegetais. Contudo, chama-se atenção para as áreas mais centrais de mata de galeria, aparentemente preservadas.

Figura 26 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal das Mangabeiras entre 1961 e 1982 (acima) e ilustração das formações vegetais referentes ao período



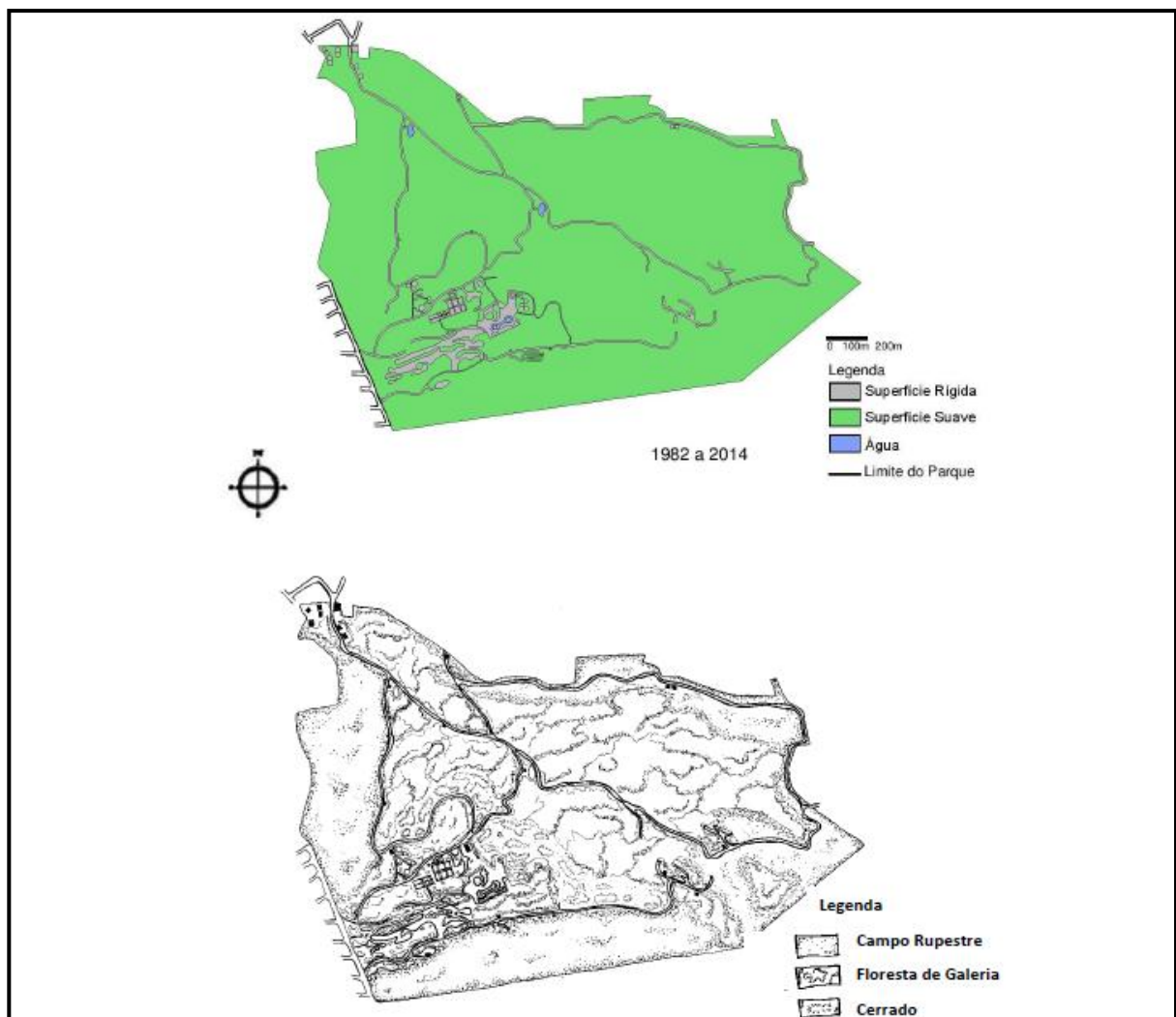
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

A implantação do parque se deu em 1982, como uma das iniciativas do Programa Metropolitano de Parques Urbanos. O programa visava criar, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), um conjunto de parques que majorassem o percentual de áreas verdes por habitante. O projeto de Burle Marx, como citado anteriormente, consolida e dá outra função às áreas degradadas, cujo limiar abiótico havia há muito sido rompido. Quando uma área atinge esse nível de degradação, de acordo com Hobbs (2003), configura-se a necessidade de intervenção física. Essa intervenção pode, se possível, restabelecer a funcionalidade ambiental anterior da área. Mas, de acordo com a Ecologia da Restauração, caso a degradação seja irreversível – comum em áreas mineradas – surge a oportunidade de se estabelecerem novas funcionalidades, que, adequadas ao uso pretendido, contribuam com a recuperação ambiental do local. O aproveitamento das vias abertas até então, as novas instalações

e trilhas, juntamente com a revegetação das áreas degradadas pelo projeto paisagístico e a inserção de espelhos d'água diminuíram superfícies rígidas, conforme a figura 27, para a relação que se segue: 6,03%, superfícies rígidas, 93,62% superfícies suaves e 0,35% superfícies de água. Assim, o projeto de Burle Marx, ao tratar as áreas degradadas pela mineração, com novos usos – como lazer, esporte, contemplação e administração – consolidou o parque como área de preservação e educação ambiental. Ressalte-se que, pelo indicado na ilustração da vegetação, as manchas relacionadas às formações vegetais permaneceram inalteradas a partir de então, sobretudo as mais afastadas da divisa com a mancha urbana, relativamente preservadas.

Figura 27 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal das Mangabeiras entre 1961 e 2014 (acima) e ilustração das formações vegetais referentes ao período



Fonte: Elaborado pelo autor. 2015.
Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

Observa-se assim que a configuração decorrente da relação do parque com as formas complexas da morfologia urbana – plano urbano, tecido urbano e uso do solo – propiciou a preservação da área e da floresta urbana sobre ela incidente.

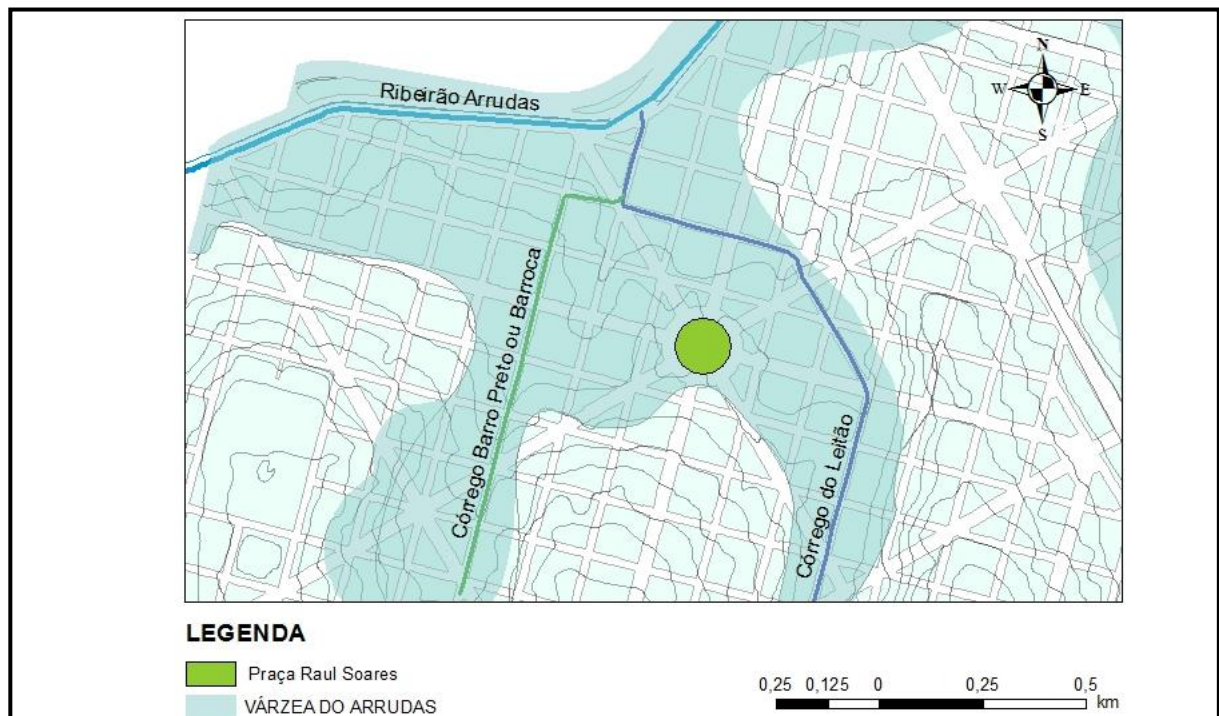
Some-se a essa abordagem, a dinâmica entre as superfícies rígidas, suaves e de água, proporcionadas pela concepção paisagística de Burle Marx. O projeto viabilizou a preservação do significativo estrato da camada vegetação original e introduziu novas funções nas áreas anteriormente degradadas, aparentemente compatíveis com o uso do solo, no parque. Os estudos realizados até agora, são indícios de que a área apresenta estabilidade e resiliência ambiental necessárias a uma área de referência para estudos de recuperação ecológica.

Assim, considerando o Parque Municipal das Mangabeiras, como provável área de referência para o estudo, necessita-se agora, para o bom andamento das análises, realizar estudo comparativo com outro trecho de floresta urbana, que ofereça maior contraste. Segue-se assim a abordagem sobre o desempenho da floresta urbana na Praça Raul Soares.

4.2 Praça Raul Soares

A Praça Raul Soares, por sua vez, possui cerca de 70 metros de diâmetro e uma área de 13.266 m² (1,32 ha), localizada no Bairro Centro, na Região Administrativa Centro Sul. Conforme a figura 28, localiza-se próxima às canalizações dos córregos do Barro Preto ou Barroca e do Leitão, no compartimento de relevo Várzeas do Arrudas.

Figura 28 – Trecho de floresta urbana sob análise – Praça Raul Soares –, entre as canalizações dos córregos do Barro Preto ou Barroca e do Leitão, com a representação do compartimento de relevo no qual está inserido



Fonte: PRODABEL, 2014. Adaptação do autor.

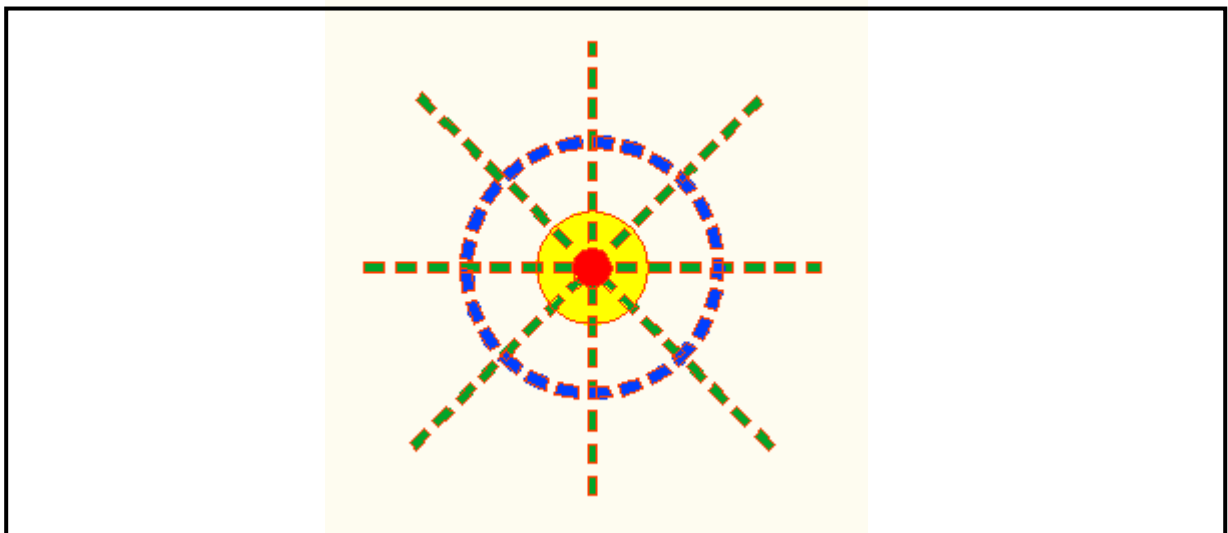
4.2.1 Concepção paisagística

A implantação da praça iniciou-se, em 1931, no começo da Era Vargas, quando o paisagismo brasileiro, insuflado pelos princípios do pensamento moderno, começou a se desprender da influência dos modelos europeus, em busca de uma expressão solidificada em raízes brasileiras (MACIEL, 1998; SEGAWA, 2010; SÁ CARNEIRO, 2010).

Mesmo assim, e um pouco fora desse contexto, a Praça Raul Soares apresenta-se como um trecho de floresta urbana, cujos componentes configuram-se em uma praça ajardinada. O processo de ajardinamento de praças, largos e avenidas, modificou a forma de apropriação dos espaços públicos, antes multifuncionais. A praça-jardim surgiu, com regras e comportamentos, decorrentes do costume de passear e se exhibir nos espaços públicos. Seus espaços parecem ser concebidos para o deleite das classes mais privilegiadas, caracterizando-a, por vezes, como um modelo de segregação ou exclusão social (MACIEL, 1998; ROBBA; MACEDO, 2002; SEGAWA, 2010)

Projeto do designer Érico de Paula, sua implantação remete à *tríade clássica*, um traçado originário dos jardins palacianos da França, que influenciou o projeto de diversas praças no Brasil. Caracteriza-se, de acordo com a figura 29, por caminhos dispostos em cruz, direcionados sempre a um ponto central vertical, no caso da praça, um chafariz (MACIEL, 1998; ROBBA; MACEDO, 2002).

Figura 29 – Modelo da tríade clássica francesa, que influenciou o traçado da Praça Raul Soares



Fonte: ROBBA; MACEDO, 2002.

Nesse sentido a implantação da praça baseou-se em um modelo pré-concebido, mas que traz consigo outro elemento significativo para este estudo: uma área de floresta urbana composta pela introdução de vegetação exótica, cuja disposição e diversidade de espécies utilizadas se dá unicamente por critérios estéticos. Trata-se de um modelo paisagístico oriundo unicamente da camada uso do solo, sem aproveitamento de qualquer estrato da camada vegetação. Oposto ao sistema antrópico implantado, no Parque Municipal das Mangabeiras, é propício a oferecer desempenhos mais contrastantes em relação aos observados nessa área de referência.

Cabe agora, perante a escola *Conzeniana* de morfologia urbana, analisar os processos estáticos e dinâmicos referentes à vegetação existente na praça.

4.2.1.1 Morfologia urbana e configuração paisagística da Praça Raul Soares

A fim de se buscar o entendimento da configuração contemporânea da floresta urbana incidente sobre Praça Raul Soares, o estudo inicia-se pela análise dos processos morfológicos urbanos inerentes à localidade.

4.2.1.1.1 Relações estáticas

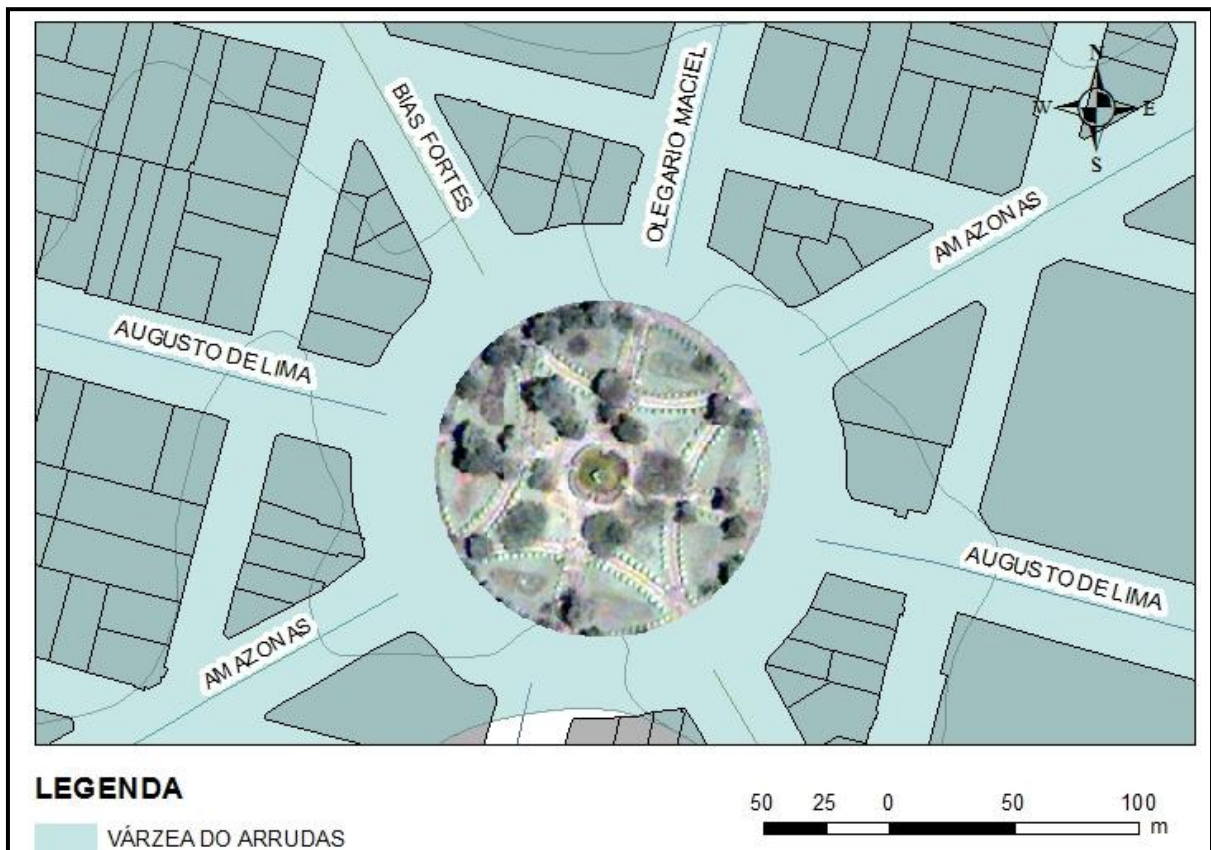
Sob o ponto de vista das **relações estáticas** referentes à floresta urbana na Praça Raul Soares, deve-se entender as características de sua forma urbana, cujos atributos diferenciam-na significativamente em relação ao Parque Municipal das Mangabeiras.

De acordo com o padrão de parcelamento do tecido urbano em que está inserida, no Bairro Centro de Belo Horizonte, cabe observar que a esse trecho de floresta urbana podem ser atributos duas características, ambas abordadas por Hopkins (2013), embora separadamente. Isso se deve ao fato da forma urbana da praça atuar tanto como espaço destinado ao estar público, quanto como elemento constituinte do sistema viário da cidade. Cabe adiantar que, em geral, a vegetação nas cidades, tendem a herdar os atributos de permanência das formas urbanas a que estão associadas, podendo, nesse caso, ao trecho de floresta urbana referente à Praça Raul Soares, serem associados, mais de um.

Assim a vegetação existente sobre a praça, ao preencher parte dos espaços do bairro em que se encontra, forma uma mancha composta por superfícies

suaves, ocupando o mesmo nível hierárquico do tecido urbano. Já, pela distribuição de árvores e arbustos ao longo do perímetro da praça, demarca, no espaço urbano, a forma da praça, ressaltando sua função, no sistema viário. Nesse caso, a vegetação atua também como elemento de estruturação da malha urbana - papel decorrente, inclusive, do tratamento paisagístico da praça, conforme o contexto histórico supracitado. Convergem-se assim dois atributos: um herdado da praça, como elemento constituinte do tecido urbano do Bairro Centro e outro, relacionado ao papel exercido na paisagem urbana de demarcação do sistema viário. Ambos, no entanto, atributos decorrentes de formas complexas mais estáveis, configurando indícios de significativo grau de permanência desse trecho de floresta urbana na cidade – dificilmente a praça ou o sistema viário sofreriam graves modificações de perímetro ou supressões de áreas. A figura 30 apresenta a inserção do trecho de floresta urbana no tecido do bairro centro de Belo Horizonte, onde podem ser percebidos os atributos supracitados, inclusive como a disposição da vegetação existente é utilizada para ressaltar a forma circular da praça.

Figura 30 – Ilustração da inserção do trecho de floresta urbana da Praça Raul Soares, no tecido urbano do Bairro Centro de Belo Horizonte



Fonte: FERREIRA, 1998; CARVALHO, 2001; LABORATÓRIO DA PAISAGEM – EA/UFMG, 2013; PRODABEL, 2014. Adaptação do autor.

Em relação à caracterização da Praça Raul Soares, sob o ponto de vista estático, ela apresenta predomínio significativo de superfícies suaves sobre superfícies rígidas, além de trechos de superfície de água, referente ao chafariz existente no centro da praça.

Estima-se que 56,5% da praça é constituída por superfícies suaves, 41,8% superfícies rígidas e 1,7% por superfícies de água.

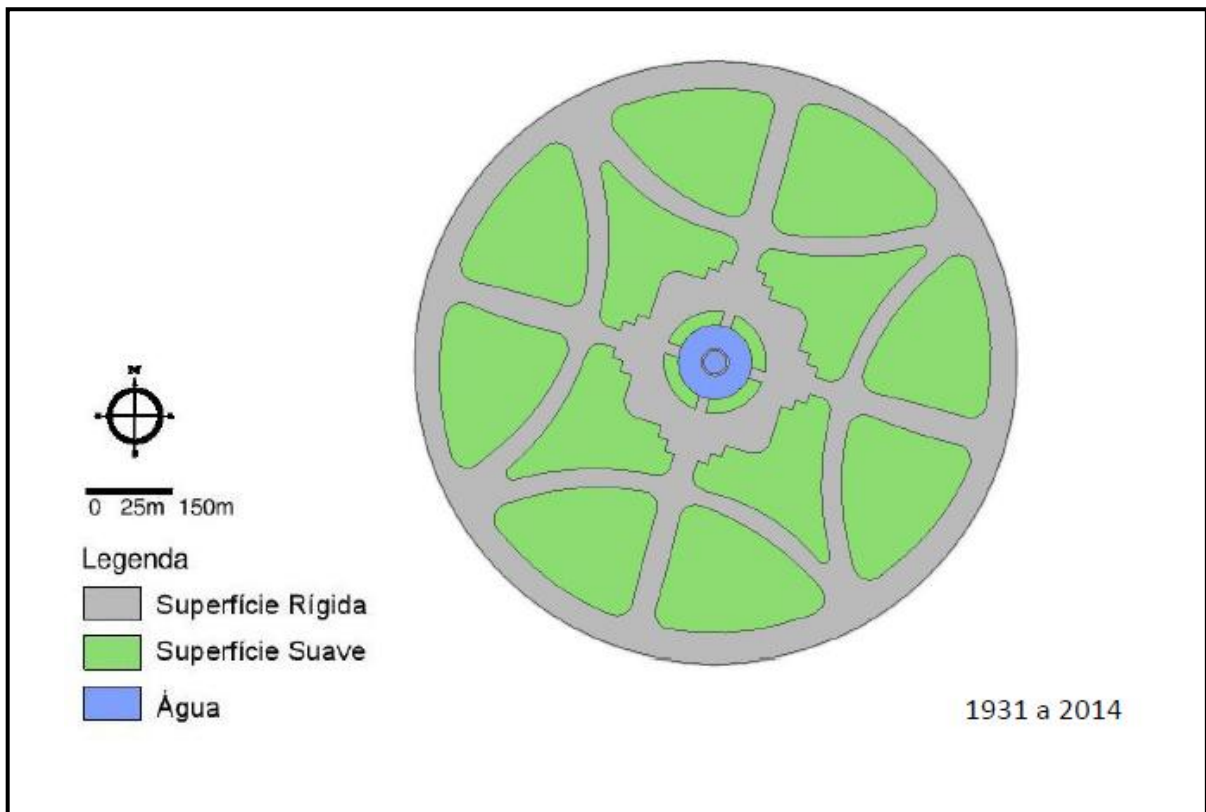
Mas, em relação à composição das superfícies suaves, nenhum fragmento da camada vegetação do sítio, referente ao compartimento de relevo Várzea do Arrudas – Cerradão ou Mata Ciliar foi mantido. Toda a vegetação existente é exógena, inserida por intervenções paisagísticas. Constitui-se basicamente por canteiros forrados por grama esmeralda, delimitados por fícus benjamins – fícus anão – e canteiros de rosas no centro. Dentre as espécies arbóreas destacam-se o flamboyant, ipê-branco, monguba, bisnagueira e a paineira rosa (MACIEL, 1998; PBH, 2014).

4.2.1.1.2 Relações dinâmicas

Cabe contemporizar que as superfícies de água e as rígidas da praça, referentes à fonte e ao calçamento com motivos marajoaras, respectivamente, permaneceram inalteradas ao longo dos anos, desde sua inauguração, conforme figura 31. Esse fato decorre do tombamento do conjunto paisagístico da praça pelo Instituto Estadual de Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA), no ano de 1988 (IEPHA, 2014; PBH, 2014).

Assim, a análise da área, abordará somente questões referentes às características das superfícies suaves, buscando se concentrar nas variações observadas desde as formações florestais iniciais da área - camada vegetação até a configuração final do trecho de floresta urbana hoje existente, explicitando a dinâmica de acréscimo e supressão de indivíduos arbóreos no local, importante para instrumentalizar as análises subsequentes.

Figura 31 – Superfícies suaves, rígidas e de água da Praça Raul Soares e ilustração



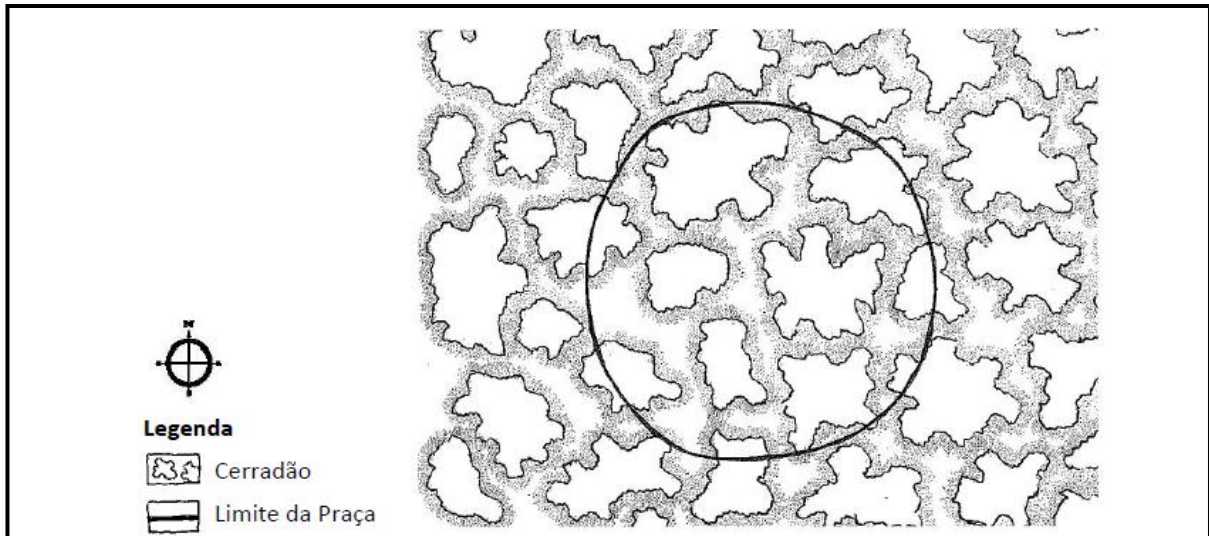
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

Foram então selecionados quatro momentos em que se verificam importantes variações no extrato arbóreo da praça, as quais foram devidamente ilustradas. Os cenários foram elaborados com base nos indícios apresentados por Barreto (1995); Fundação João Pinheiro (1997); Maciel (1998); Robba e Macedo (2002); IEPHA (2014); PRODABEL (2014) e PBH (2014).

O primeiro período a ser abordado é o referente à paisagem anterior à implantação do sistema antrópico. A figura 32 apresenta a área completamente composta por superfícies suaves – quadro que permaneceu, provavelmente até 1897, quando se iniciaram as obras para implantação da capital mineira. Observa-se também a formação florestal mais provável – Cerradão – correspondente ao compartimento de relevo Várzea do Arrudas, entre as matas ciliares referentes aos Córregos do Leitão e do Barro Preto ou Barroca, laterais à área da praça. Observa-se assim que a área sob a qual incide a Praça Raul Soares possuía uma camada vegetação de feições florestais, densamente arborizada.

Figura 32 – Ilustração da provável composição das superfícies suaves – Cerradão – antes da implantação do sistema antrópico na área em que se encontra a Praça Raul Soares

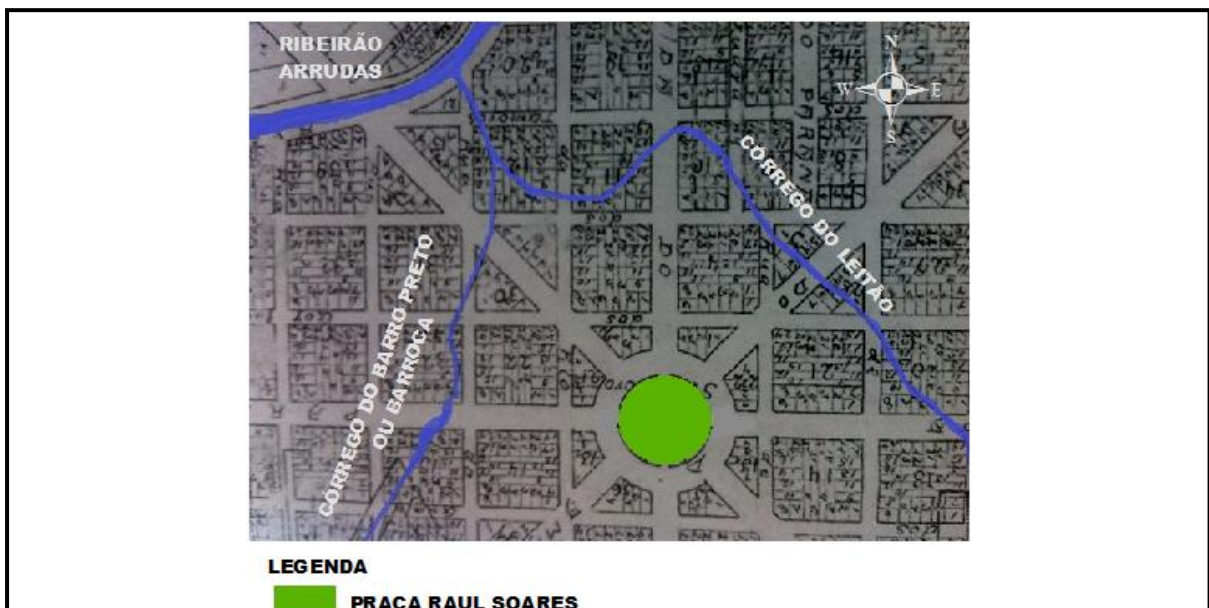


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

A figura 33 apresenta a indicação do provável curso natural dos Córregos do Leitão e do Barro Preto ou Barroca – posteriormente canalizados – em direção ao Ribeirão Arrudas, com a indicação da área da praça. A figura foi elaborada, com base na planta geral de Belo Horizonte, elaborada em 1920, pela seção de tombamento da prefeitura. Corrobora a não observância dos atributos do sistema natural na implantação da capital mineira, bem como a expressivo desmatamento que ocorreu para a implantação da área central da cidade.

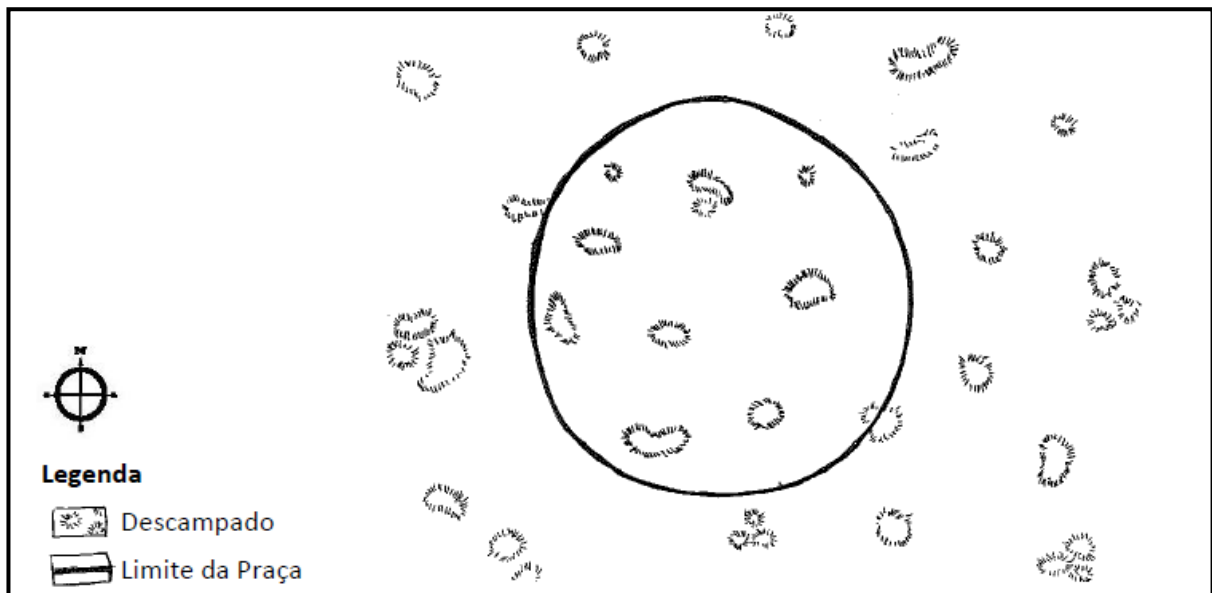
Figura 33 – Localização da Praça Raul Soares em relação aos cursos naturais dos Córregos do Leitão e do Barro Preto ou Barroca



Fonte: FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997.

De acordo com relatos históricos (BARRETO, 1995; PBH, 2014) em 1931, iniciam-se as obras de implantação da praça. A camada vegetação se encontrava completamente eliminada, sendo o sítio selecionado para a construção relatado como uma área de descampado. Presume-se, conforme ilustrado na figura 34, a ocorrência de esparsos trechos de gramíneas naturais do cerrado. Em respeito aos indícios apresentados adotou-se outra categoria de superfície – superfície marrom, à qual foi estimada em 100%, em referência à grave supressão da camada vegetação, sem implantação de qualquer outro tipo de superfície.

Figura 34 – Ilustração da área em que foi implantada a Praça Raul Soares em 1931, com toda a vegetação original retirada



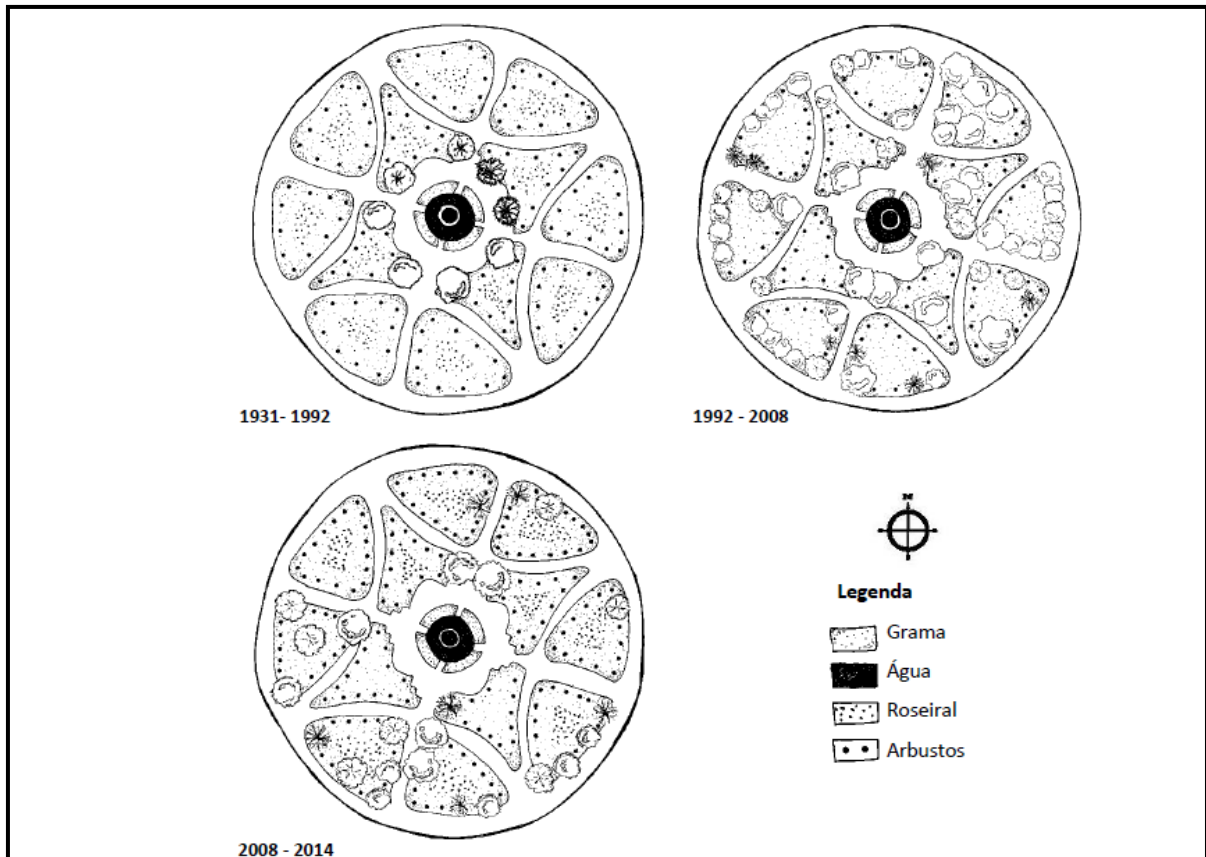
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

A implantação da praça iniciou-se em 1931, mas somente foi finalizada em 1936. O extrato arbóreo era composto apenas de 8 árvores, utilizadas para demarcar os acessos à área central da praça. O restante das superfícies suaves eram constituídas por áreas gramadas, os exemplares de fícus benjamins e canteiros de rosas. Entre os anos de 1936 e 2006 a praça passou por diversos projetos de revitalização, ao longo dos quais o extrato arbóreo chegou a ser composto por 62 exemplares. A última intervenção realizada na praça, em 2006, merece destaque por tentar resgatar as características originais da praça – concebida no modelo praça-jardim. Mesmo com a previsão do plantio de novas árvores, mas observou-se o decréscimo do número de árvores – de 62 para 22, com aumento significativo da proporção de gramíneas. A figura 35 apresenta o

detalhamento da variação da vegetação nas superfícies suaves da praça no período compreendido entre 1936 e a contemporaneidade.

Figura 35 – Ilustração da variação do estrato arbóreo na Praça Raul Soares entre 1936 e a contemporaneidade



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.
Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

Assim, sob o ponto de vista dinâmico, a configuração decorrente da relação da praça com as formas complexas da morfologia urbana preservou a proporção entre superfícies rígidas, suave e de água, uma vez estabelecidas. Mas, observa-se, nos processos referentes às intervenções paisagísticas, significativa flutuação, com adições e supressões de espécimes arbóreas. O grau de conservação herdado das formas complexas do plano urbano, bem como a proteção conferida sobre o tombamento do conjunto urbano da praça, aparentemente, não se refletiram sobre a floresta urbana incidente nas superfícies suaves da praça.

Inaugurada sobre um sítio degradado, no qual todo o estrato referente à camada vegetação original havia sido retirada, a paulatina introdução de espécies arbóreas, entre 1936 e 2006, teriam iniciado um processo não intencional de recuperação ambiental – apesar do modelo praça ajardinada, aparentemente não

contribuir para a instalação de funcionalidades ambientais. Contudo, a configuração atual da floresta urbana incidente sobre a praça, com cerca de 40 árvores a menos, além de comprometer os serviços ecossistêmicos prestados por esses exemplares, interrompeu esse processo de recuperação. Mas, considerando que essas supressões foram recentes, provavelmente ainda existem quantidades de matéria lenhosa em decomposição no solo, referente às raízes das árvores retiradas. Configuram-se, provavelmente, como reservas que esse trecho de floresta urbana está utilizando para sua manutenção, recurso que poderia ser utilizado em um novo processo de revegetação da praça.

Dada a oscilação observada na área, desde a supressão da camada vegetação original até o tratamento paisagístico atual, vários questionamentos são possíveis em relação à interação desse trecho de floresta urbana com a cidade. Quais as diferenças em relação ao desempenho encontrado na área de referência? Qual o grau de impacto sobre a praça? Quais os prejuízos da supressão da camada vegetação original? A introdução de árvores ao longo dos anos mitigou o impacto? Qual o efeito da supressão subsequente? A área apresenta uma tendência à entropia ou à sintropia?

Aparentemente a Praça Raul Soares encontrar-se-ia em processo de degradação, cujo tratamento paisagístico ao longo dos anos dificilmente a orientaria para um modelo com tendências sintrópicas. Seu estudo leva a questionar se o modelo de praça ajardinada, de acordo com Robba e Macedo (2002), tão difundido no país, seria funcional em termos ambientais, configurando áreas biologicamente estáveis.

Entretanto, não se fala aqui de se eliminar áreas gramadas ao longo das cidades, mas de uma busca de um modelo paisagístico, que, sistemicamente proporcione a implantação de serviços ecossistêmicos urbanos, bem como a sinergia entre eles.

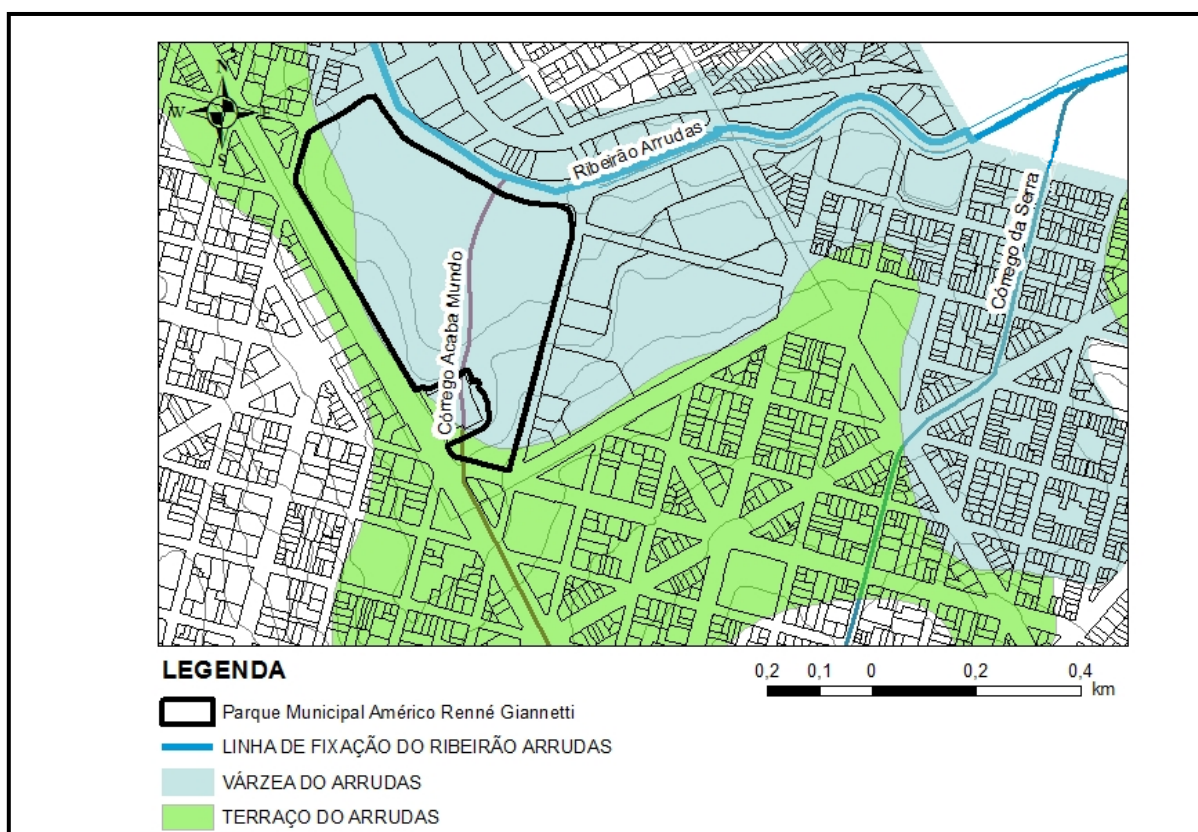
Para tanto, torna-se necessário abordar a floresta urbana incidente sobre o Parque Municipal Américo Renê Giannetti, uma área heterogênea, com atributos que a assemelhem, possivelmente, tanto com a Praça Raul Soares, quanto ao Parque Municipal das Mangabeiras. Dessa abordagem espera-se clarificar a possibilidade de coexistência de diversas tipologias de floresta urbana, desde que, seu funcionamento conjunto, propicie uma área com tendências sintrópicas, que

oferte uma gama significativa de serviços ambientais e elementos de design paisagístico alinhados à sustentabilidade do meio urbano.

4.3 Parque Municipal Américo Renê Giannetti

Também localizado no Bairro Centro, na Região Administrativa Centro Sul, encontra-se o Parque Municipal Américo Renê Giannetti, com cerca de 180.000 m² (18 ha). Como representado na figura 36, localiza-se ao longo da linha de fixação do Ribeirão Arrudas, cruzado pela canalização do Córrego Acaba Mundo. Incide sobre os compartimentos de relevo Várzea do Arrudas – o mesmo da Praça Raul Soares – e Terraço do Arrudas.

Figura 36 – Parque Municipal Américo Renê Giannetti, cruzado pela canalização do Córrego Acaba Mundo, com a representação dos compartimentos de relevo nos quais está inserido



Fonte: PRODABEL, 2014. Adaptação do autor.

4.3.1 Concepção paisagística

A concepção paisagística do Parque foi influenciada pelo ideário vigente, na passagem entre o século XIX e XX, na Europa e na América do Norte, que influenciou não só a concepção do Parque Municipal Américo Renê Giannetti, mas de todo o

projeto idealizado por Aarão Reis para a cidade de Belo Horizonte: o reconhecimento da vegetação no espaço urbano como fator de salubridade. No entanto o parque urbano brasileiro, não surgiu da urgência social das populações metropolitanas, como ocorrido na Europa. O Brasil, no mesmo período, não possuía uma rede urbana expressiva, nem qualquer cidade brasileira, o mesmo porte das aglomerações urbanas europeias. Os parques urbanos surgem no país, como uma forma complementar ao cenário das elites emergentes, que procuravam uma configuração urbana compatível com o cenário internacional, em especial as práticas existentes na Inglaterra e na França. Herda-se assim um desenho, de concepção higienista e fortes influências positivistas, próprio para a melhoria e mitigação de impactos decorrentes de um modelo de ocupação urbano, desordenado e insalubre. Contraditoriamente, esse desenho veio a ser implantado em um sítio com atributos cênicos e ambientais extremamente significativos, os quais foram paulatinamente apagados pelo processo de implantação do sistema antrópico na área do parque. (COMPANHIA VALE DO RIO DOCE, 1992; MACIEL, 1998; MACEDO; SAKATA, 2002; FARAH, 2010).

Projetado pelo arquiteto paisagista francês Paul Villon e inaugurado em 12 de dezembro de 1897, o Parque Américo Renê Giannetti foi um dos poucos concebidos como componente do plano urbano de uma cidade. Seu traçado, misto, configura feições geométricas do modelo neoclássico, com linhas sinuosas e verdejantes, características do estilo romântico inglês, que buscava a mimetização dos cenários naturais. Pode-se assim caracterizar o parque como uma simbiose entre esses dois estilos, importante informação para as análises que se sucederão. A arborização utilizada veio de viveiros próximos à área do parque, às margens do Córrego da Serra, e do transplante de árvores de grande porte oriundas de outros locais da cidade. (COMPANHIA VALE DO RIO DOCE, 1992; BARRETO, 1995; MACIEL, 1998; MACEDO; SAKATA, 2002; FARAH, 2010).

O sítio em que o parque foi implantado foi escolhido por Aarão Reis como espaço principal de lazer público e previa uma área inicial de 555.060 m² (55,50 ha). No entanto diversas demandas decorrentes do processo de implantação da cidade levaram à redução da área para apenas 182.000 m² (18,20 ha). Fato ocorrido devido à criação de novas quadras, na face norte do parque, após o Ribeirão Arrudas e à implantação de diversos lotes institucionais, referentes ao atual Setor Hospitalar de Belo Horizonte. Esse processo iniciou-se por volta de 1907, culminando em 1937, com o prolongamento da Rua Pernambuco. Dividiu-se a quadra do parque em três,

chegando ao perímetro atual, que permaneceu inalterado até então (MACIEL, 1998; SIMÃO, 2012; PBH, 2014).

Ressalte-se que, na área, a paisagem era marcada pela presença do Ribeirão Arrudas – limite norte do parque – e seu afluente Acaba-Mundo – que o cruza em sentido Norte-Sul. Hoje, ambos os corpos d'água encontram-se canalizados.

4.3.1.1 Morfologia urbana e configuração paisagística do Parque Municipal Américo Renê Giannetti

Seguem-se as análises das relações estáticas e dinâmicas relacionadas à floresta urbana incidente sobre o Parque Municipal Américo Renê Giannetti.

4.3.1.1.1 Relações estáticas

De acordo com o capítulo 3, o Parque Municipal das Américo Renê Giannetti configura-se assim como unidade de faixa de hiato urbano – *fringe-belt* – interno, localizado ao longo da linha de fixação originária do Ribeirão do Arrudas.

Essa linha de fixação relaciona-se com a conformação do compartimento de relevo Várzea do Arrudas. Cobrindo mais de 90% da área atual do parque – vide figura 36 –, essa área era caracterizada por áreas de mata ciliar e cerradão, com solo fértil e trechos embrejados (hidromórficos).

Assim o parque apresenta-se como uma unidade de faixa de hiato urbano que referencia o início da ocupação da cidade, nas áreas periféricas da zona urbana proposta por Aarão Reis. Como tal surgiu da determinação do projeto positivista da cidade de Belo Horizonte, mas, pelos significativos atributos do sítio, configurou-se como uma das poucas áreas, dentro da antiga zona urbana, cuja concepção se adequou, inicialmente, às características do compartimento de relevo sobre o qual incide. Observe-se a dificuldade de parcelamento do solo e edificação em terrenos hidromórficos.

O Parque Municipal Américo Renê Giannetti configura-se então como unidade de *fringe-belt*, de cujo uso funcional da terra, ou implantação do sistema antrópico, resultou em uma menor presença do nível hierárquico do tecido urbano, pois dentro de seus limites ainda existem, subdivisões de usos funcionais, as quais terão implicações ecológicas significativas.

O parque, dentre as áreas, é o que apresenta a distribuição mais significativa entre superfícies suaves, rígidas e de água, correspondentes a 46.21, 47.83 e 5.96% respectivamente.

Suas superfícies suaves apresentam flora diversificada, com mais de 350 espécies e mais de 5000 árvores, representativas de regiões diversas do território nacional, exóticas e introduzidas durante sua implantação. Ressalte-se que, na década de 80 foram plantadas cerca de 2.200 árvores. Quando o parque foi revitalizado, foram introduzidas mais 700 de exemplares da Mata Atlântica. Figuram dentre elas acácias, saboeiras, jambosas, malváceas, cinamomos, magnólias, canfoeiras, terminálias, paineiras, saponárias, pau mulato, pau-brasil, castanheiras, figueiras, espatódeas, coqueiros macaúba e palmeiras, dentre outras (COMPANHIA VALE DO RIO DOCE, 1992; MACIEL, 1998).

4.3.1.1.2 Relações dinâmicas

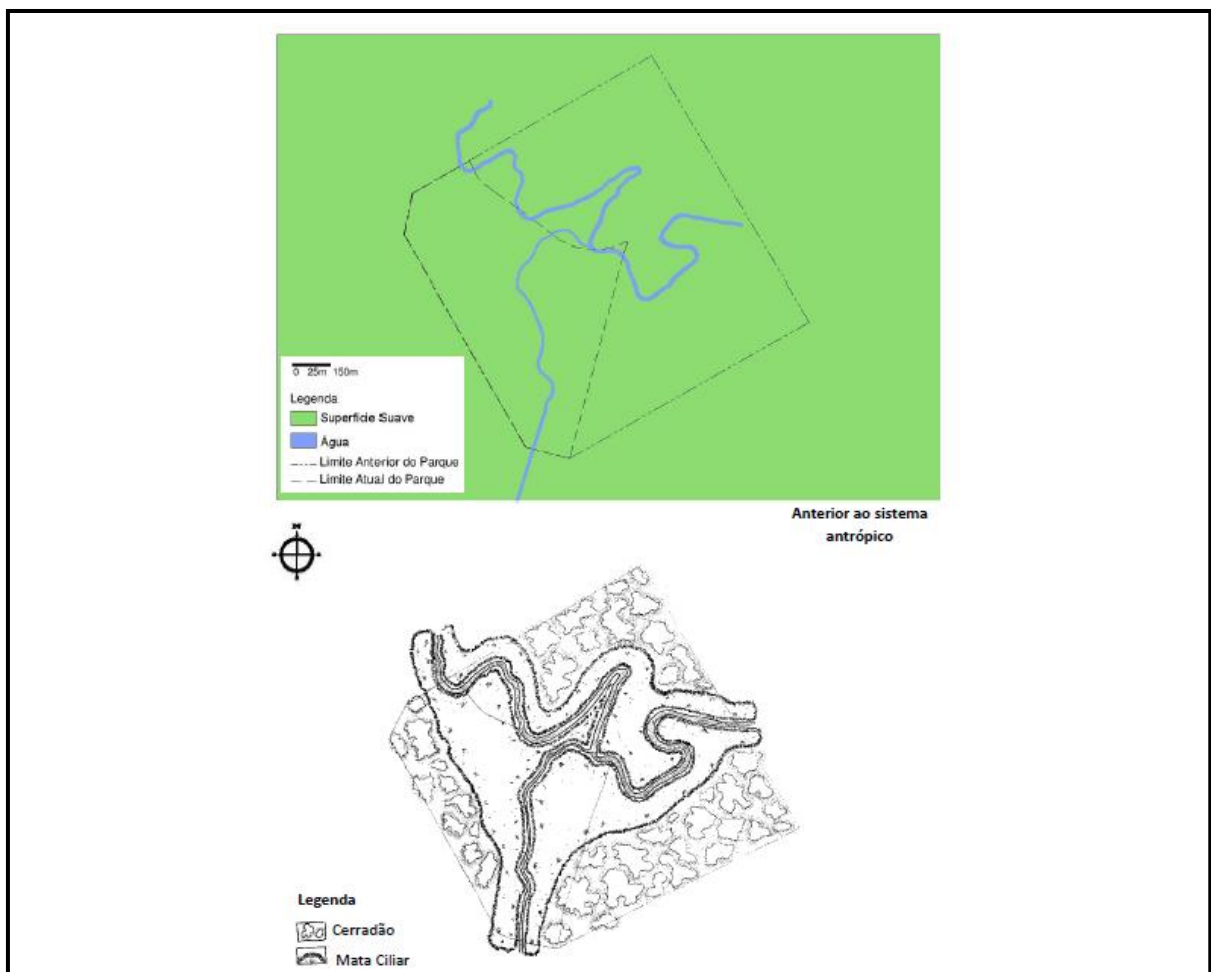
Nas **relações dinâmicas**, procurou-se investigar a configuração da floresta urbana incidente sobre o parque, verificando as modificações nas configurações das superfícies rígidas e suaves ao longo do tempo. Procurou-se também detalhar as modificações no contingente de indivíduos arbóreos nos períodos escolhidos, que foram determinados pela proximidade das modificações mais significativas nas relações entre as superfícies.

Foram então selecionados quatro momentos em que se verificam variações significativas, nos contingentes de superfícies suaves, rígidas e de água no parque. Procurou-se ilustrar, em manchas vegetais, as variações nos extratos arbóreos, para estudar a relação entre essas variações e o aumento ou supressão dos extratos arbóreos. As variações foram todas calculadas em relação à área atual do parque, cujo processo de implantação da floresta urbana busca-se clarificar. Os cenários foram elaborados com base nos indícios apresentados por Barreto (1995); Companhia Vale do Rio Doce (1992); Fundação João Pinheiro (1997); Maciel (1998); PRODABEL (2014); PBH (2014) e Fundação de Parques Municipais (2014).

O primeiro período a ser abordado é o referente à paisagem anterior à implantação do sistema antrópico. A figura 37 apresenta a área atual do parque completamente composta por superfícies suaves (98,54%) e de água (1,46%) – quadro que permaneceu, provavelmente até o início da implantação do Arraial Curral

Del Rey. Indica também a formação florestal mais provável – Mata Ciliar ao longo do Ribeirão Arrudas e do Córrego Acaba Mundo e Cerradão nas cotas mais altas do parque – correspondente ao compartimento de relevo Várzea do Arrudas. Observa-se assim que a área sob a qual incide o Parque Municipal possuía uma camada vegetação de feições florestais, densamente arborizada.

Figura 37 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal Américo Renê Giannetti anterior à implantação do sistema antrópico (acima) e ilustração das formações vegetais relacionadas aos atributos da paisagem existentes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

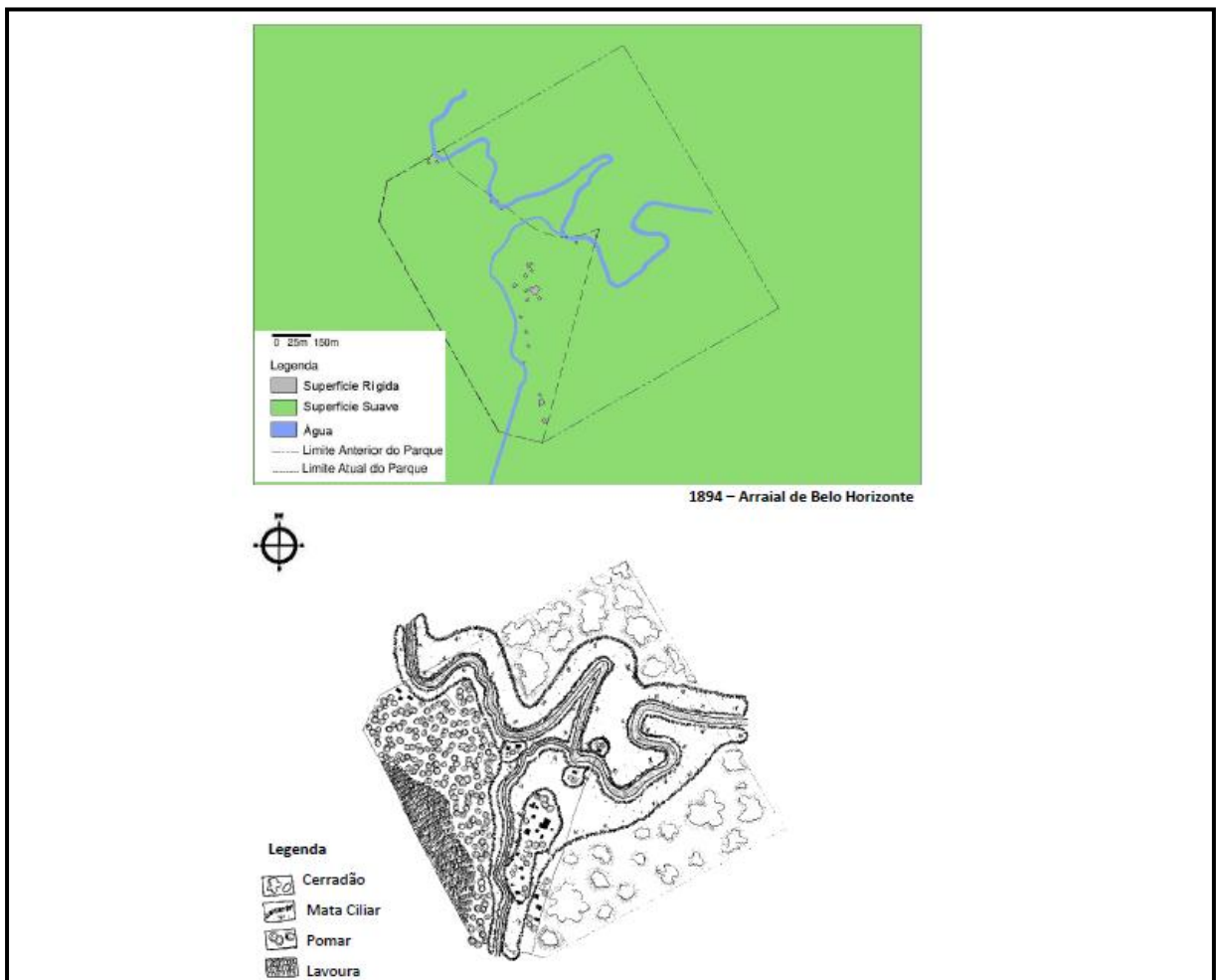
De acordo com relatos históricos (BARRETO, 1995; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997) já em 1894 o Arraial Curral Del Rey já se encontrava implantado. Observa-se assim já uma pequena porcentagem de superfícies rígidas (0,54%) em relação à predominância de superfícies suaves (98%), referentes às construções do início de implantação do sistema antrópico na área – figura 38.

A localidade referente ao parque abrigava, duas chácaras principais: uma pertencente a Guilherme Vaz de Mello, conhecida como Chácara do Sapo, e outra,

ao Capitão Basílio Maria de Araújo Viana. A Chácara do Sapo, embora a maior parte de sua área fosse apenas um matagal utilizado para se chegar à Estação Central, contava com árvores frutíferas naturais dos campos e dos cerrados, tais como a mangaba, a cagaiteira e o araticum. Já a área pertencente a Basílio Maria de Araújo Viana estendia-se até as imediações do Bairro Floresta, notória pela qualidade dos pomares e da expressiva produção de frutas.

Assim, de acordo com a vegetação ilustrada pela figura 38, pode-se afirmar que a área já apresentava-se modificada pela ação humana. A parte relacionada à chácara da família Araújo Viana teria sido mais intensamente explorada pelo plantio de pomares, enquanto a área pertencente aos Vaz de Mello apresentaria maior grau de conservação, ainda com exemplares da flora original (COMPANHIA VALE DO RIO DOCE, 1992; BARRETO, 1995; PBH, 2014).

Figura 38 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal Américo Renê Giannetti, em 1894 (acima), e ilustração das formações vegetais relacionadas ao início da implantação do sistema antrópico na área



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

Em sequência, procurou-se estabelecer um retrato intermediário da relação entre as superfícies suaves, rígidas e de água, com base em relatos e registros fotográficos. Escolheu-se o cenário referente a uma foto de 1938 (FIGURA 39), no qual o perímetro do parque é o mesmo do existente na contemporaneidade – a última modificação teria ocorrido em 1930.

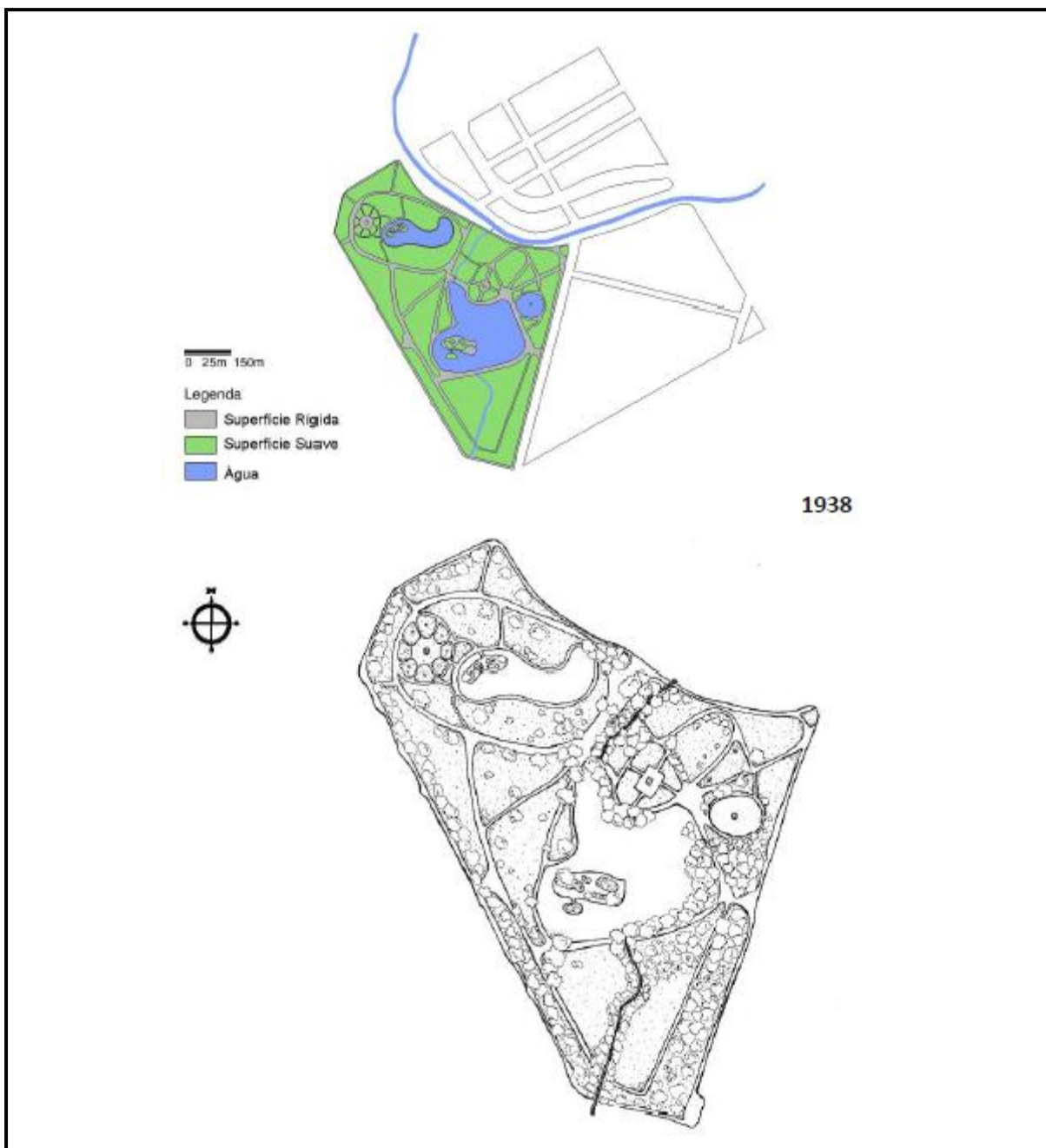
Figura 39 – Foto de Parque Municipal Américo Renê Giannetti, no ano de 1938



Fonte: COMPANHIA DO VALE DO RIO DOCE, 1992.

Conforme a figura 40, as superfícies rígidas representariam 21,9% do parque e as suaves 61,43%. Observou-se o aumento das superfícies de água, com a retificação do Ribeirão Arrudas e a canalização do Córrego Acaba Mundo para a construção da lagoa do sapo, ao centro do parque, dos marrecos ao norte e do lago do quiosque a leste. Com isso, as superfícies de água corresponderiam a 16,67% da área. Entretanto, nesse processo, aspectos do sistema natural foram apagados. Além das modificações executadas no curso dos corpos d'água (antes da inauguração do parque), em 1911, as áreas de charco do sítio teriam sido drenadas e desviadas para alimentar os lagos e para a irrigação do local. Em relação ao estrato arbóreo, de acordo com a figura, o existente no parque ainda se apresentaria em proporções inferiores ao observado em 2015, indicando o caráter intermediário da configuração desse trecho de floresta urbana.

Figura 40 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal Américo Renê Giannetti, em 1938 (acima), e ilustração das formações vegetais relacionadas ao início da implantação do sistema antrópico na área



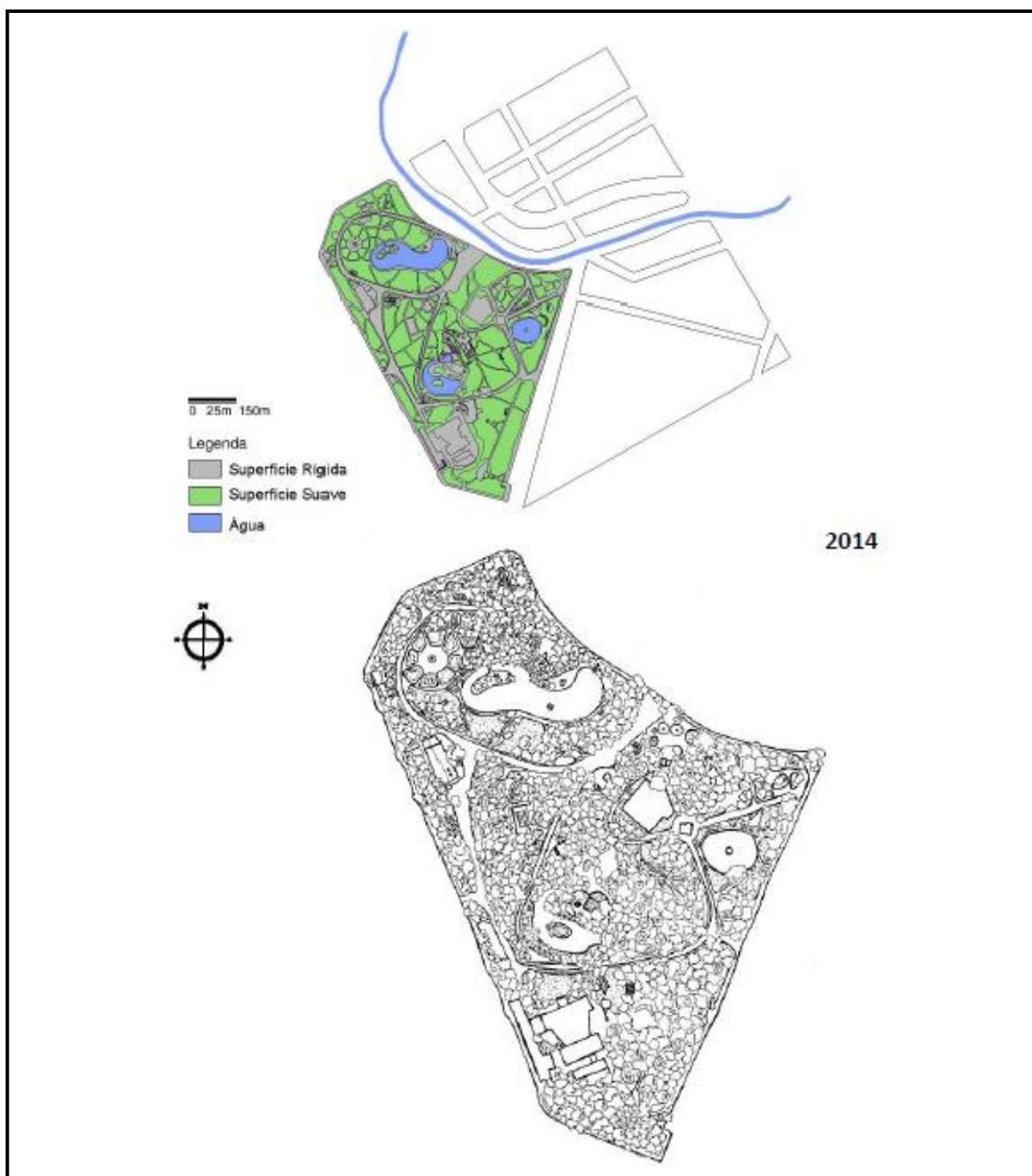
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

Entre 1938 e a contemporaneidade observa-se uma mudança na proporção entre as superfícies. As suaves diminuíram significativamente, passando de 61,43% para 46,21% (menos da metade). O mesmo ocorreu com as superfícies de água, que passaram de 21,9% para 5,96%, decorrente da diminuição da lagoa do sapo e canalização do Córrego Acaba Mundo. Com esse quadro, as superfícies rígidas passaram a compor a maior parte do parque, representando 47,83% de área

impermeável. Contudo observou-se um significativo aumento na mancha arbórea, cobrindo praticamente todas as superfícies suaves existentes – cerca de 2.900 árvores teriam sido introduzidas nesse período. A figura 41 apresenta as superfícies suaves, rígidas e de água no ano de 2015, juntamente com o estrato arbóreo existente.

Figura 41 – Composição das superfícies da área referente ao Parque Municipal Américo Renê Giannetti, em 2015 (acima), e ilustração das formações vegetais relacionadas à contemporaneidade



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

Assim, sob o ponto de vista dinâmico, observa-se significativa variabilidade nos contingentes de cada tipo de superfície no parque ao longo do tempo, indicando que, a floresta urbana incidente sobre as superfícies suaves do parque permaneceu gravemente influenciada pelas dinâmicas do uso do solo.

Ao longo desse processo, o sistema natural apagado, eliminando as características relacionadas ao compartimento de relevo Várzea do Arrudas. Percebem-se como impactos que implicam o rompimento dos limiares abióticos, iniciados no momento de implantação do parque.

Entretanto, ao passo que o sistema antrópico apaga as características do natural, na área, a mesma, ao longo dos anos, sempre foi objeto do plantio intenso de espécies arbóreas.

Em face desse quadro cabe o questionamento sobre a capacidade desse estrato arbóreo, no sequestro de carbono e provimento de serviços ecossistêmicos urbanos. Uma vez verificado, como esse processo se reflete na paisagem heterogênea do parque?

Abre-se assim a oportunidade de análise de uma tipologia de floresta urbana interessante para o estudo, composta por intervenções paisagísticas com áreas visualmente mais próximas da área de referência, e outras, mais afastadas, assemelhadas às da praça Raul Soares. Mais do que isso. Em meio a áreas com tratamentos heterogêneos, questiona-se qual seria o comportamento resultante e como instrumentalizar o direcionamento de trechos de floresta urbana com essas características para um comportamento de tendências sintrópicas, propício à prestação de serviços ecossistêmicos urbanos.

Assim, à luz da relação entre suporte e cobertura e dos processos morfológicos afetos à vegetação, em cada trecho de floresta urbana estudado, segue-se a análise conjunta dos processos relacionados ao fluxo vertical de energia e matéria na paisagem. O engate entre essas duas abordagens parece estratégica para subsidiar o traçado de indicadores de qualidade de serviços ambientais. Possibilita investigar os requisitos necessários para a introdução ou melhoria dessas funcionalidades, inclusive aqueles não perceptíveis, na paisagem, mas cujos indícios encontram-se disponíveis nas análises relacionadas aos ciclos biológico de carbono e paralelo de nutrientes.

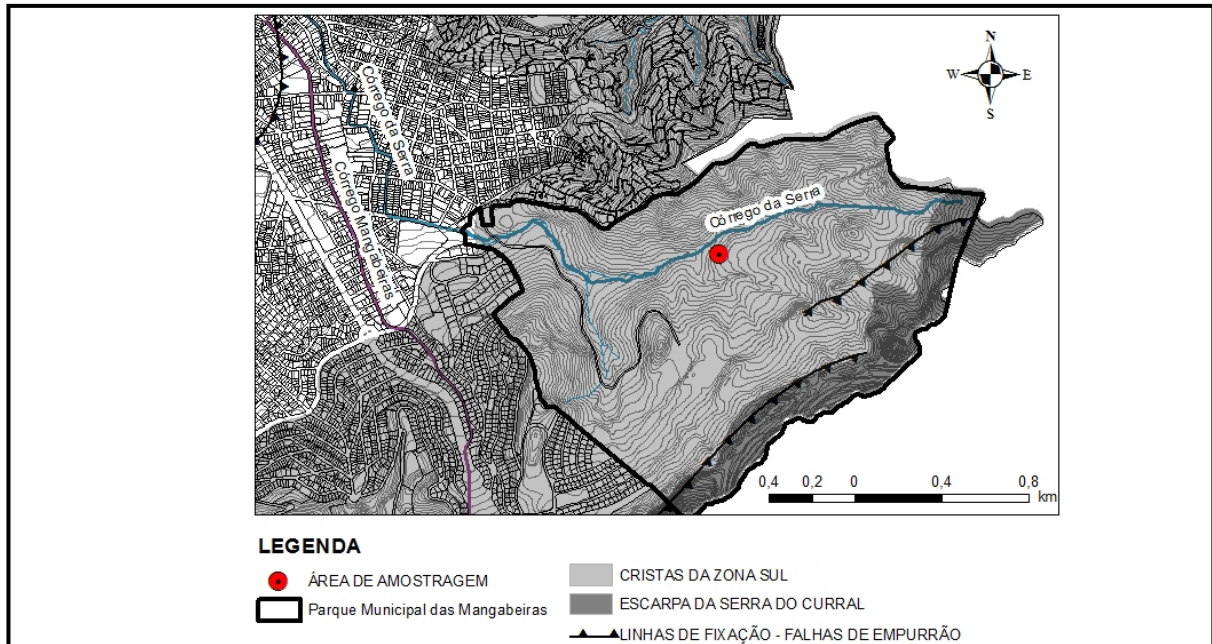
5 ANÁLISE SISTÊMICA DO DESEMPENHO AMBIENTAL DOS TRECHOS DE FLORESTA URBANA

Para o entendimento e aprofundamento sobre a introdução de serviços ecossistêmicos por trechos de floresta urbana, não basta a análise isolada de cada área. Em busca de modelos funcionais orientados para a melhoria da qualidade de vida em meio urbano, torna-se necessária a análise conjunta do desempenho dos trechos em cada variável. Procura-se estabelecer uma análise sistêmica, capaz de explicitar a correlação entre as variáveis estudadas e ratificar a escolha da área de referência, viabilizando o traçado de metas objetivas de recuperação ambiental. Nesse sentido foram amostradas áreas nos trechos de floresta urbana, instrumentalizando o estudo com observações (resultados) necessárias, cujo conjunto encontra-se compilado na tabela constante no Anexo B.

5.1 Caracterização da amostragem das áreas

No Parque Municipal das Mangabeiras, selecionou-se uma área de Mata de Galeria do Córrego da Serra, na parte mais baixa do Parque, distante da sede administrativa e, provavelmente, dentre as áreas mais preservadas na localidade (MACIEL, 1998). O local, localizado no compartimento de relevo Cristas da Zona Sul, indicado pelo ponto em destaque na figura 42, fica próximo a diversos cursos d'água, com solo aparentemente fértil e ocorrência de vegetação de grande porte. Ressalte-se o contraste entre a mancha urbana ao longo das divisas do parque, com diversos padrões de parcelamento do solo e essa unidade de faixa de hiato urbano. Verificam-se como tais elementos na paisagem urbana são estratégicos, por viabilizarem a adoção de áreas de referência, com nível significativo de preservação, contíguos às manchas urbanas.

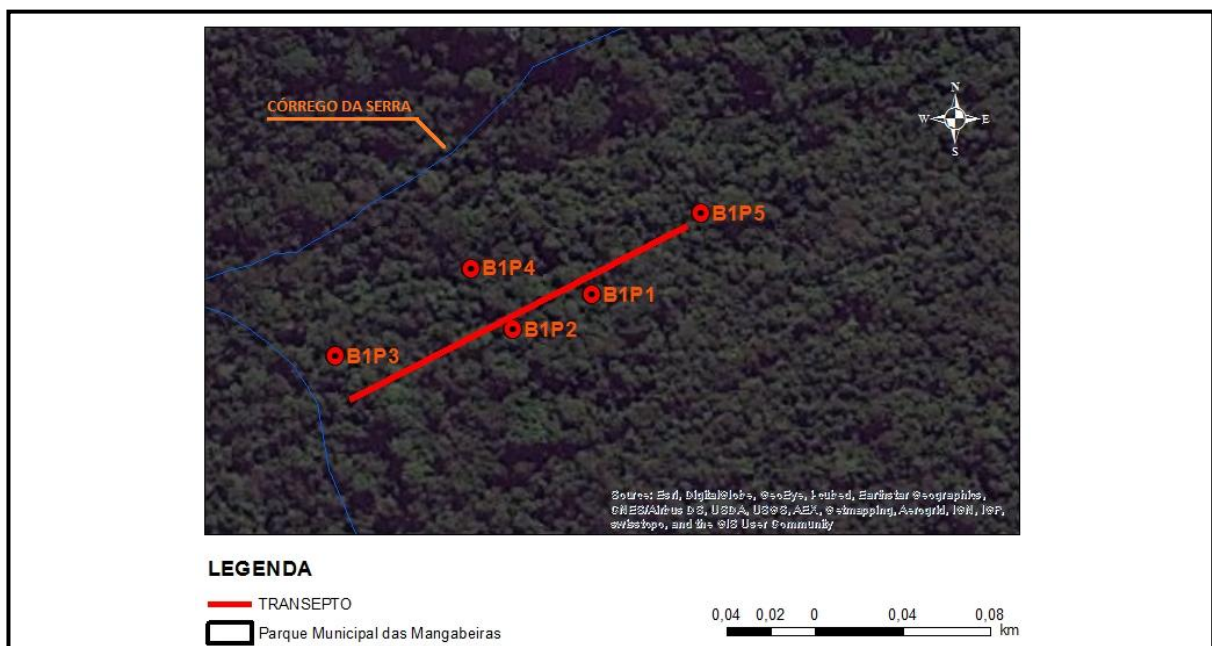
Figura 42 – Indicação do local de amostragem na área de referência, sua proximidade em relação à mancha urbana – Parque Municipal das Mangabeiras – e ao Córrego da Serra, com a representação dos compartimentos de relevo no qual está inserido



Fonte: PRODABEL, 2014. Adaptação do autor.

A partir do ponto identificado na figura 42, foi traçado um transecto com cerca de 1,50 Km ao longo do qual foram escolhidos pontos aleatórios para a demarcação dos blocos onde foram feitos os levantamentos, de acordo com o indicado na figura 43.

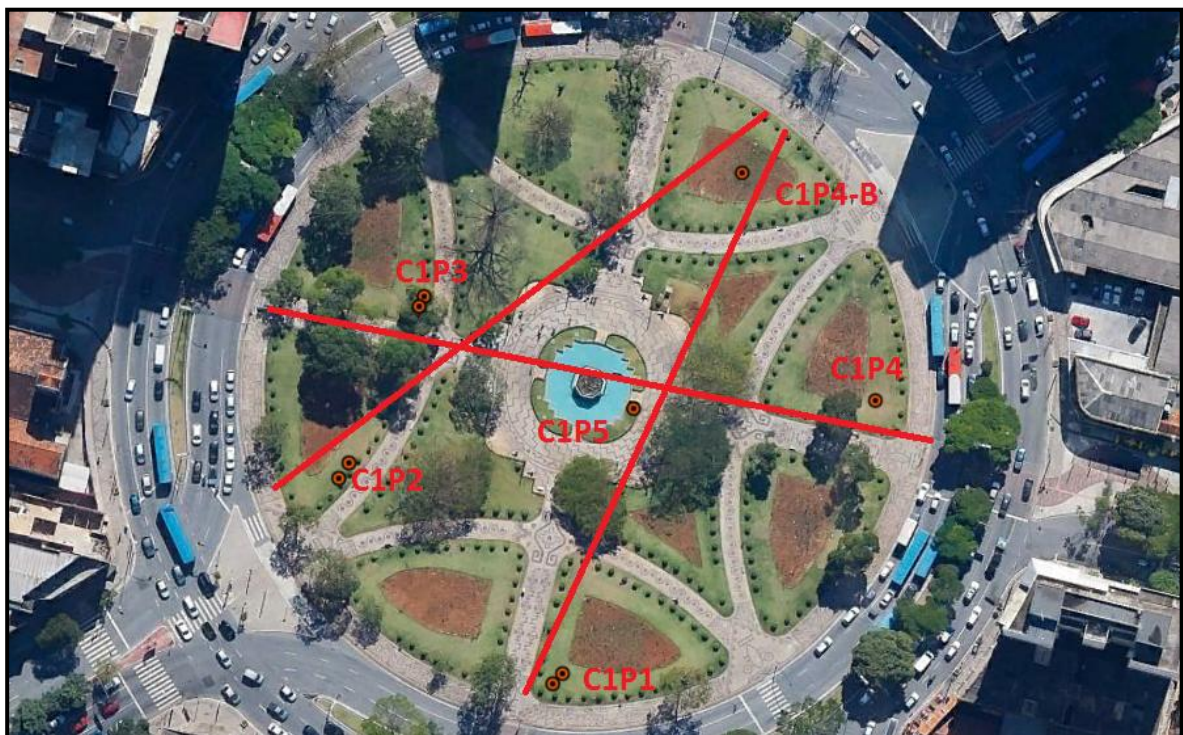
Figura 43 – Pontos amostrados na área de referência ao longo de um transecto de 1,5 Km, demarcado em vermelho



Fonte: PRODABEL, 2014; ESRI, 2014. Adaptação do autor.

Para análise da Praça Raul Soares, provavelmente a mais degradada, foram traçados três transectos, ao longo dos quais foram adotados os pontos indicados na figura 44. Entretanto, as características do solo durante a coleta demandaram a amostragem de um ponto extra – C1P4-B – em uma área de roseiral, o qual, entretanto não é associado a uma parcela de 50 m², a fim de não se perder a paridade para a comparação dos cálculos de biomassa aérea entre os demais trechos de floresta urbana estudados.

Figura 44 – Pontos amostrados na área de referência ao longo dos transectos, em vermelho



Fonte: PRODABEL, 2014; Google Earth, 2014. Adaptação do autor.

Já o Parque Municipal Américo Renê Giannetti configura-se como um trecho de floresta urbana significativamente complexo para análise. Sua constituição mista, com feições tanto do modelo neoclássico, quanto do modelo romântico de paisagismo (MACEDO; SAKATA, 2002), agregam áreas com feições semelhantes à Praça Raul Soares e áreas que, ao tentarem reproduzir cenários naturais, teriam, em certo grau, semelhanças com o Parque Municipal das Mangabeiras.

Para verificação dessa relação, bem como para subsidiar as análises pretendidas, também foram traçados três transectos (figura 45), mas a escolha dos pontos observou os diversos tratamentos paisagísticos e relações entre suporte e cobertura, encontrado no parque.

Figura 45 – Pontos amostrados na área de referência ao longo dos transectos, em vermelho



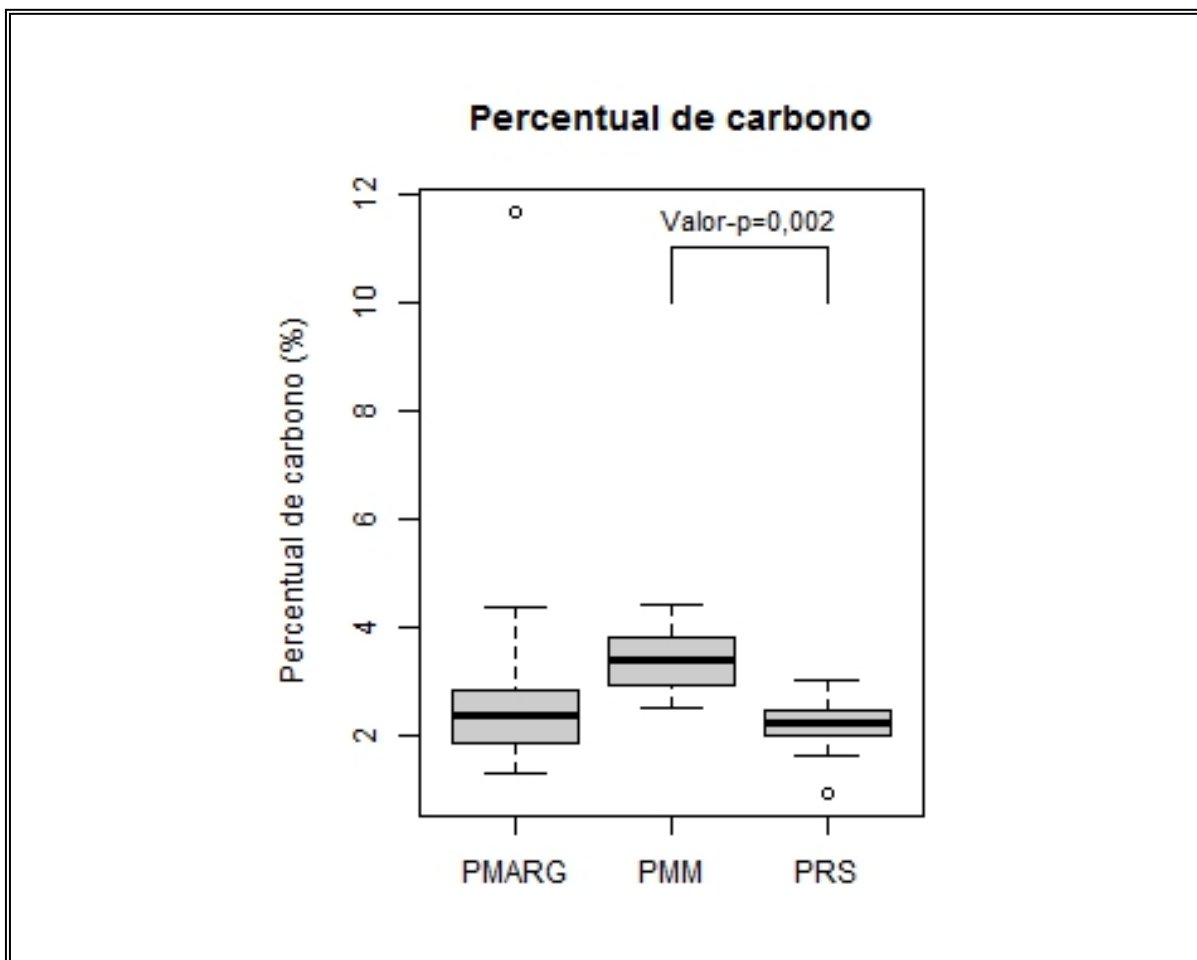
Fonte: PRODABEL, 2014; Google Earth, 2014. Adaptação do autor.

5.2 Análise comparativa das variáveis de desempenho ambiental nas áreas de estudo

A fim de oferecer uma análise sistêmica do desempenho das áreas em relação a desempenho na prestação de serviços ecossistêmicos, com base no observado na área de referência adotada, foram comparadas as variáveis quantitativas levantadas, por meio do teste de Kruskal-Wallis (HOLLANDER; WOLFE, 1999).

Pela análise do gráfico 1, relacionado ao nível de sequestro de Carbono total no solo (%), observa-se o destaque da área de referência – Parque Municipal das Mangabeiras – em relação a esse serviço ambiental em relação às demais áreas. Já entre a Praça Raul Soares e o Parque Municipal Américo Renê Gianneti observa-se que a quantidade de carbono sequestrada não diferiu (apresentaram-se semelhantes).

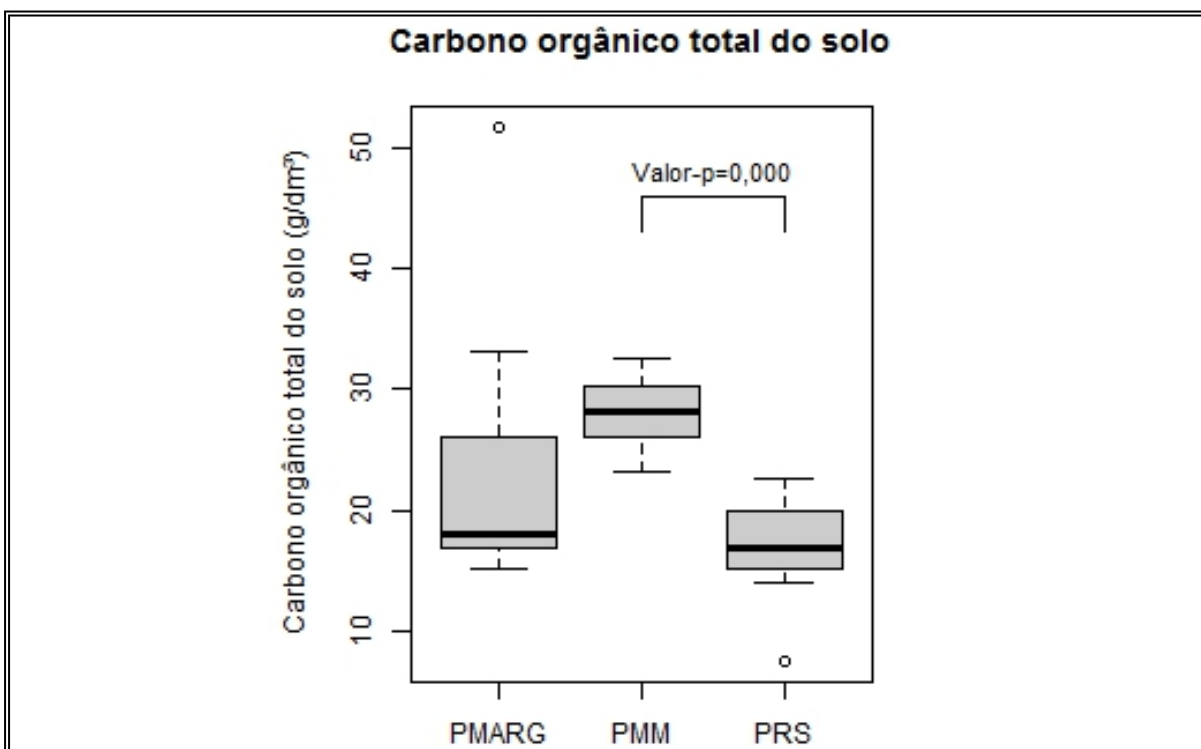
Gráfico 1 – Percentual de carbono sequestrado no solo, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014. Execução: ABG Consultoria Estatística.

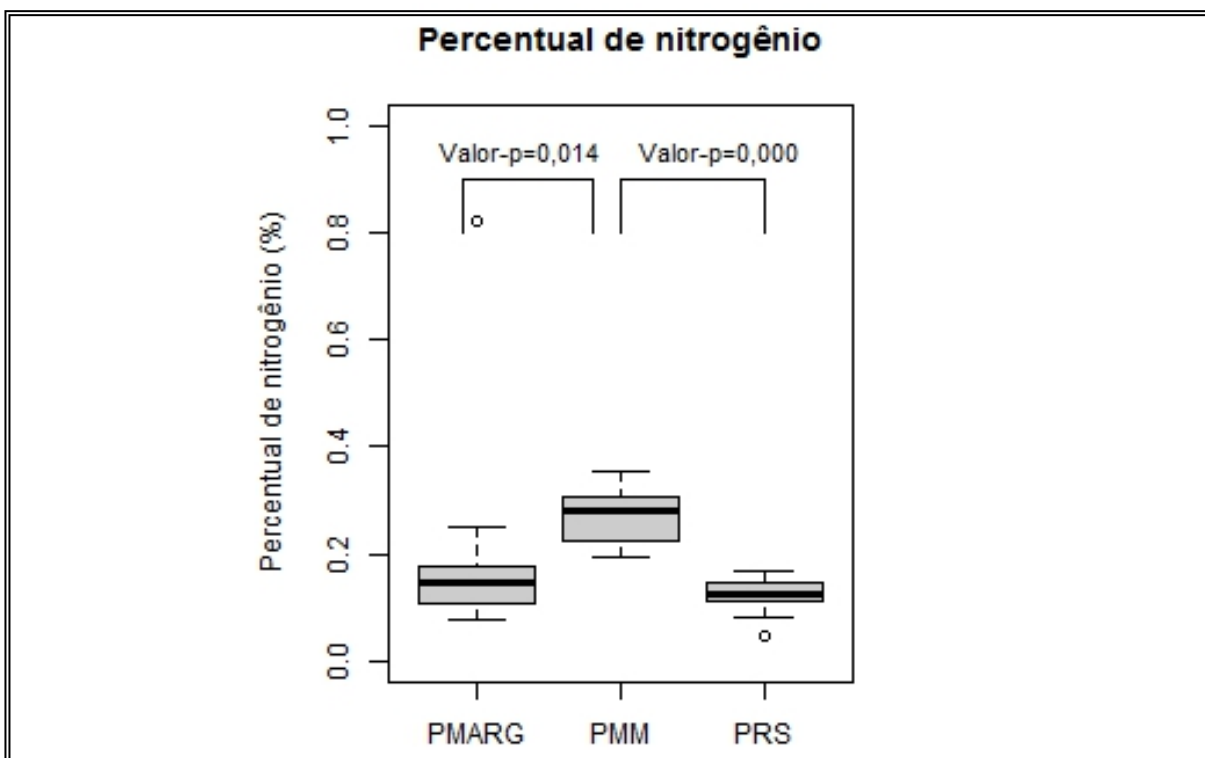
Processo similar pôde ser observado em relação ao carbono de origem orgânica e ao nitrogênio do solo (gráficos 2 e 3 respectivamente). Os resultados superiores no Parque Municipal das Mangabeiras mostram que o carbono do solo na área é preferencialmente orgânico e está vinculado à atividade microbiana de decomposição. Decorre da dinâmica do ecossistema em que está inserido.

Gráficos 2 – Comparação entre os valores relacionados ao carbono total do solo, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014. Execução: ABG Consultoria Estatística.

Gráfico 3 – Comparação entre os valores relacionados ao percentual de nitrogênio no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)

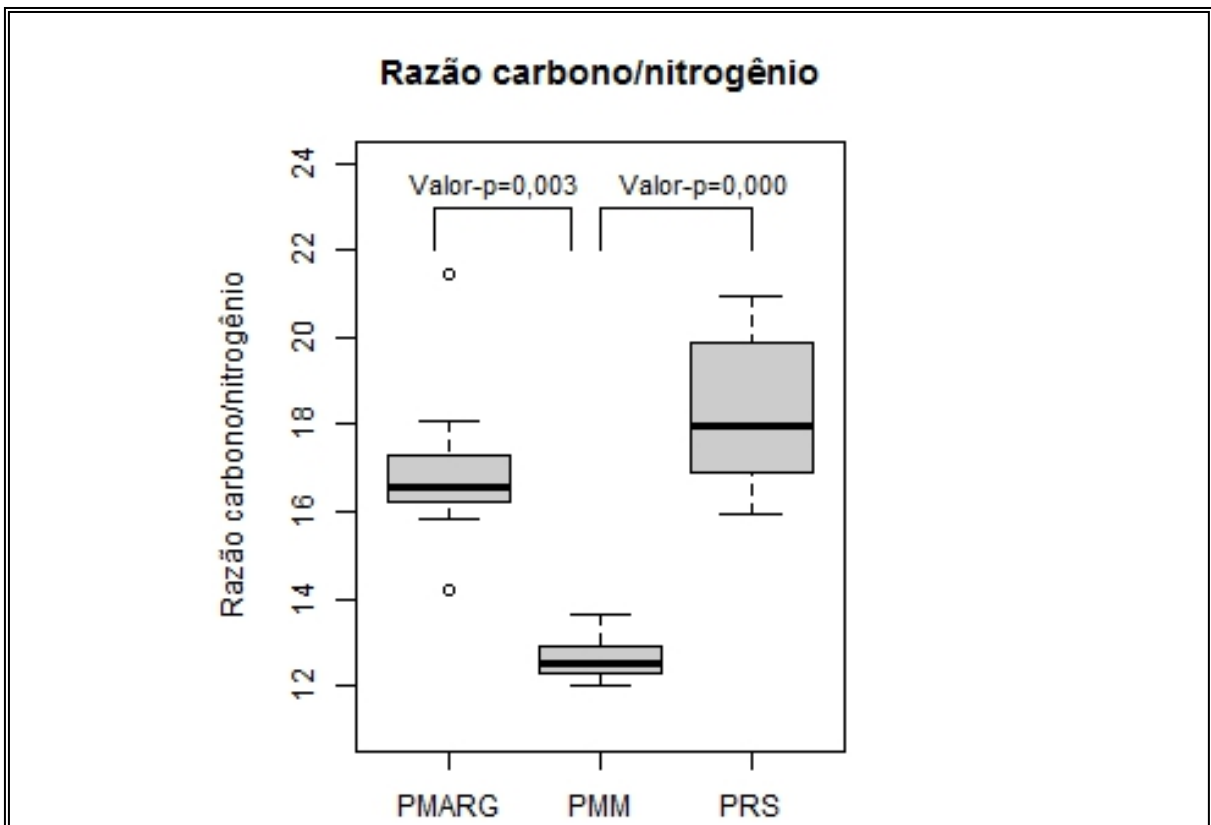


Fonte: Elaborado pelo autor, 2014. Execução: ABG Consultoria Estatística.

Por sua vez, a relação C:N do solo (gráfico 4) fala a favor dessa hipótese, apresentando a elevada fertilidade do Parque Municipal das Mangabeiras e a estabilidade biológica da área (STEVENSON, 1994). Atributo superior ao do Parque Municipal Américo Renê Giannetti, que, por sua vez, demonstra melhor desempenho do que a Praça Raul Soares. A baixa relação C:N do Parque Municipal das Mangabeiras sugere a presença de matéria orgânica rica em nitrogênio, fornecida pela vegetação, especialmente por espécies de plantas da família Leguminosa. As leguminosas, de acordo com Fontes e Martins (2010) caracterizam-se por plantas eficientes na fixação natural de nitrogênio, o qual é incorporado ao solo e disponibilizado no ecossistema, melhorando suas qualidades químicas e físicas.

Em contraste, a elevada relação C:N da Praça Raul Soares sugere uma baixa fertilidade consequente do manejo da área : evidencia a ausência de espécies arbóreas leguminosas e a significativa presença de áreas gramadas.

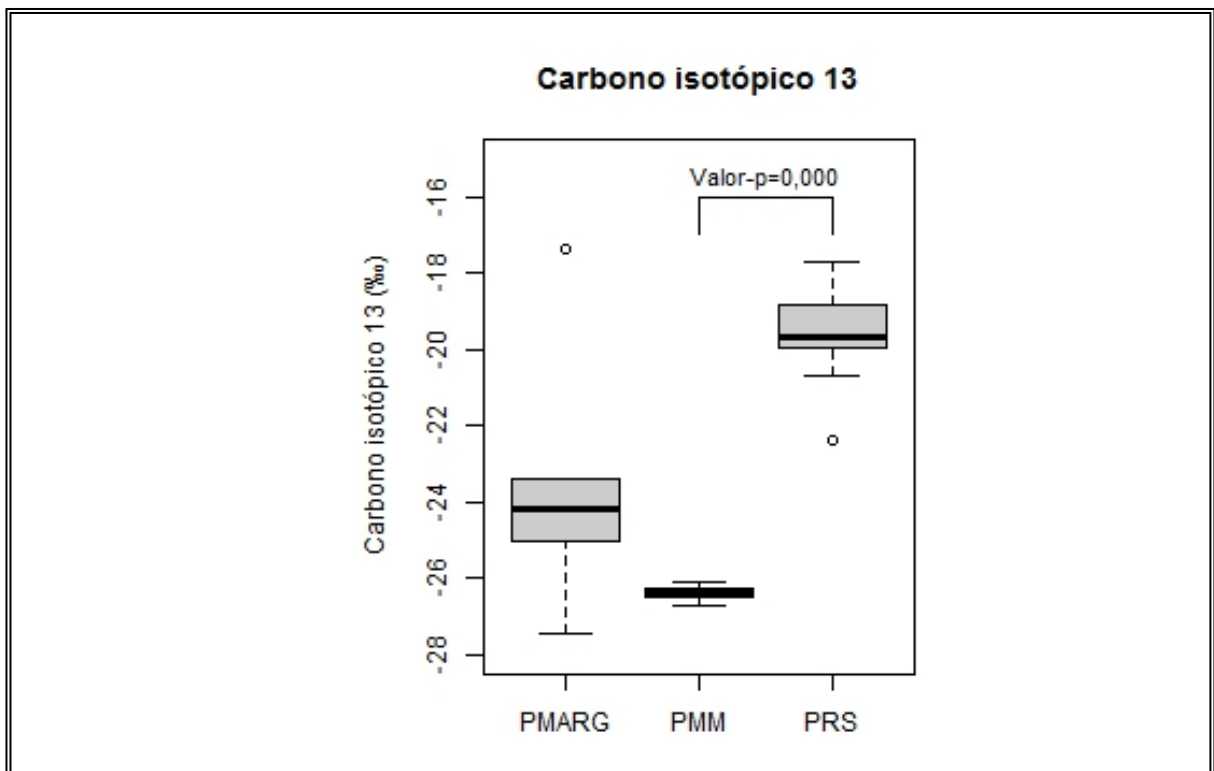
Gráfico 4 – Comparação entre os valores relacionados à relação C:N, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014. Execução: ABG Consultoria Estatística.

Os dados apresentados no gráfico 5 confirmam esta premissa. A fonte de carbono principal, no Parque Municipal das Mangabeiras e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti são provenientes de espécies arbóreas, observados os índices negativos Carbono isotópico 13 - ^{13}C , próximo de -27. Porém, a origem principal do Carbono da Praça Raul Soares vem das gramíneas (menor negatividade do isótopo), embora se perceba ainda, pelos valores encontrados, certa contribuição de carbono oriundo de espécies arbóreas (ALVES *et al.*, 2005; COLORADO PLATEAU STABLE ISOTOPE LABORATORY, 2014).

Gráfico 5 – Comparação entre os valores relacionados à ocorrência de carbono isotópico 13, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)



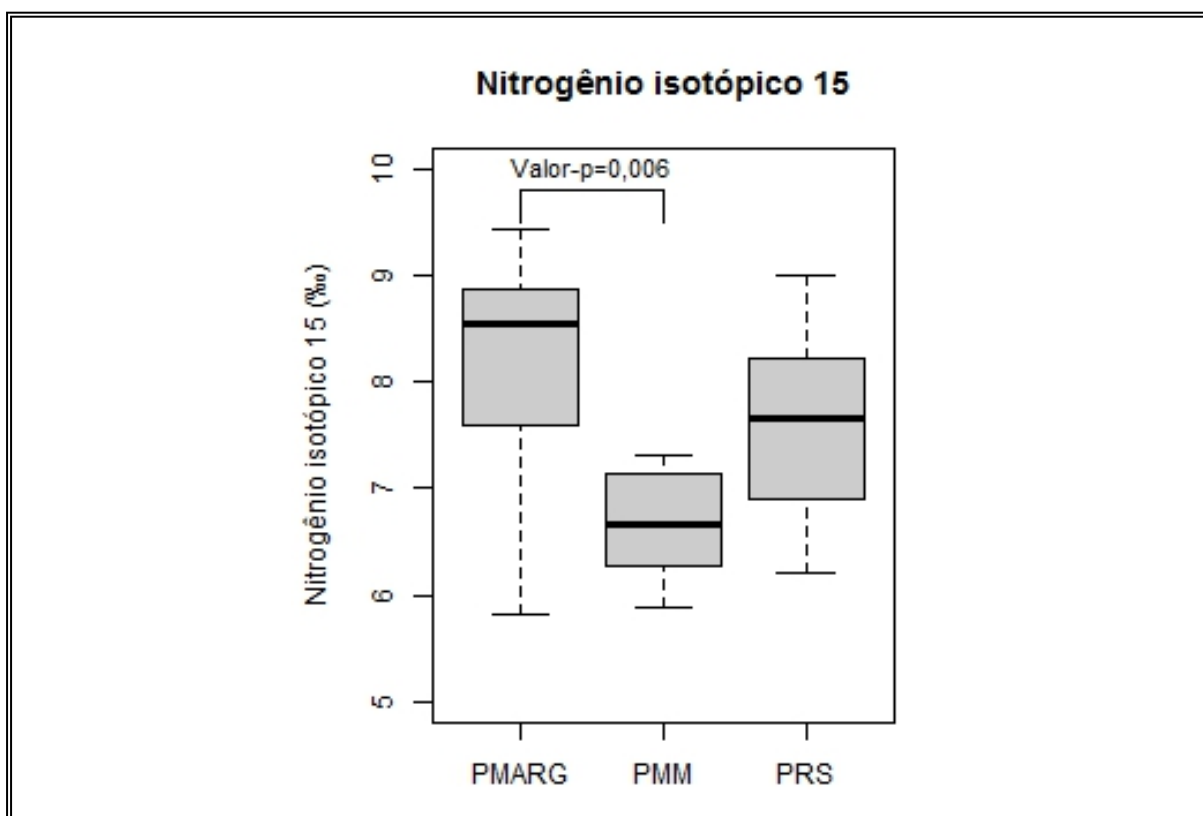
Fonte: Elaborado pelo autor, 2014. Execução: ABG Consultoria Estatística.

Porém, o efeito do manejo se verifica tanto no Parque Municipal Américo Renê Giannetti, como na Praça Raul Soares, conforme indicado pelo gráfico 6. Por meio da análise isotópica de nitrogênio 15 – ^{15}N – é possível concluir que, somente no Parque Municipal das Mangabeiras, a fertilidade está relacionada com a decomposição da serrapilheira, especialmente rica em resíduos das plantas leguminosas fixadoras de Nitrogênio. Esta afirmativa se respalda pela depleção (perda) de ^{15}N . Nessas duas áreas a fonte principal de N não seria a matéria orgânica em decomposição, mas, provavelmente, a adubação química. Esse quadro

é corroborado pela análise de fertilidade de solo das áreas. Pela análise de fertilidade do solo realizada nas áreas de estudo – Anexo D –, evidencia-se, pelo índice de saturação de bases (V%) o impacto sobre a Praça Raul Soares e sobre o Parque Municipal Américo Renê Giannetti decorrente do manejo e uso de adubos químicos (BONAM, 2008; ZHIGAO *et al.*, 2011).

Começa-se assim a se esboçar o significativo papel da constituição de camada de serrapilheira, como diretriz de intervenção paisagística para implantação de serviços ecossistêmicos, e sua funcionalidade ambiental em detrimento aos prejuízos oriundos do uso de adubos químicos.

Gráfico 6 – Comparação entre os valores relacionados à ocorrência de nitrogênio isotópico 15, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)



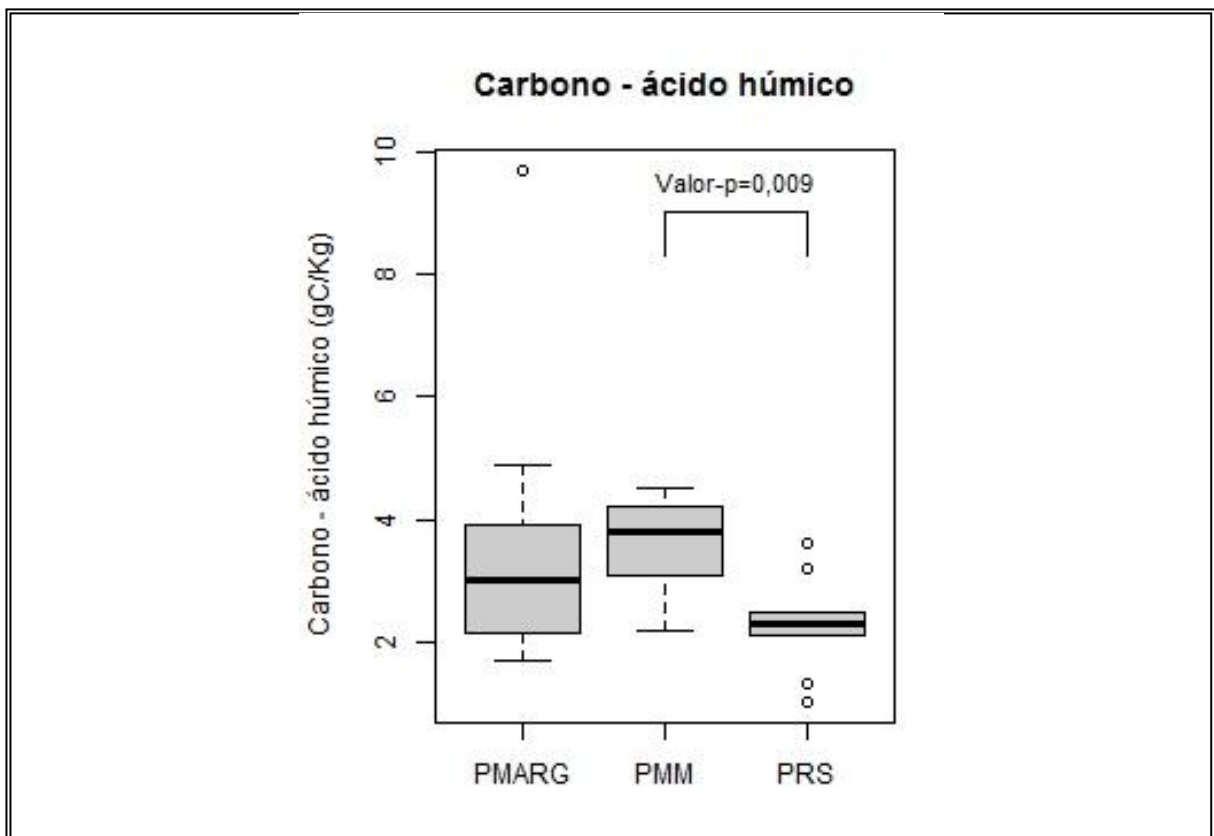
Fonte: Elaborado pelo autor, 2014. Execução: ABG Consultoria Estatística.

Os serviços ecossistêmicos relacionados com a presença de matéria orgânica no solo - decorrente do grau de instalação do ciclo de carbono, bem como do paralelo de nutrientes, dependem diretamente da formação da matéria húmica, especialmente, dos ácidos húmicos (BENITES; MADARI; MACHADO, 2003; CANELLAS; VELLOSO; SANTOS, 2005; ADANI; GENEVINI; TAMBONE, 2006;

ADANI; SPAGNOL, 2006; TREVISAN *et al.*, 2010; RONQUIN, 2010; ROSSI *et al.*, 2011; WICK; INGRAM; STAHL, 2010; LAL, 2004). A maior concentração de carbono húmico foi registrada, no Parque Municipal das Mangabeiras (GRÁFICO 7). Esses valores diferiram significativamente dos encontrados na Praça Raul Soares (com os piores resultados), mas, surpreendentemente, foram similares aos verificados no Parque Municipal Américo Renê Giannetti.

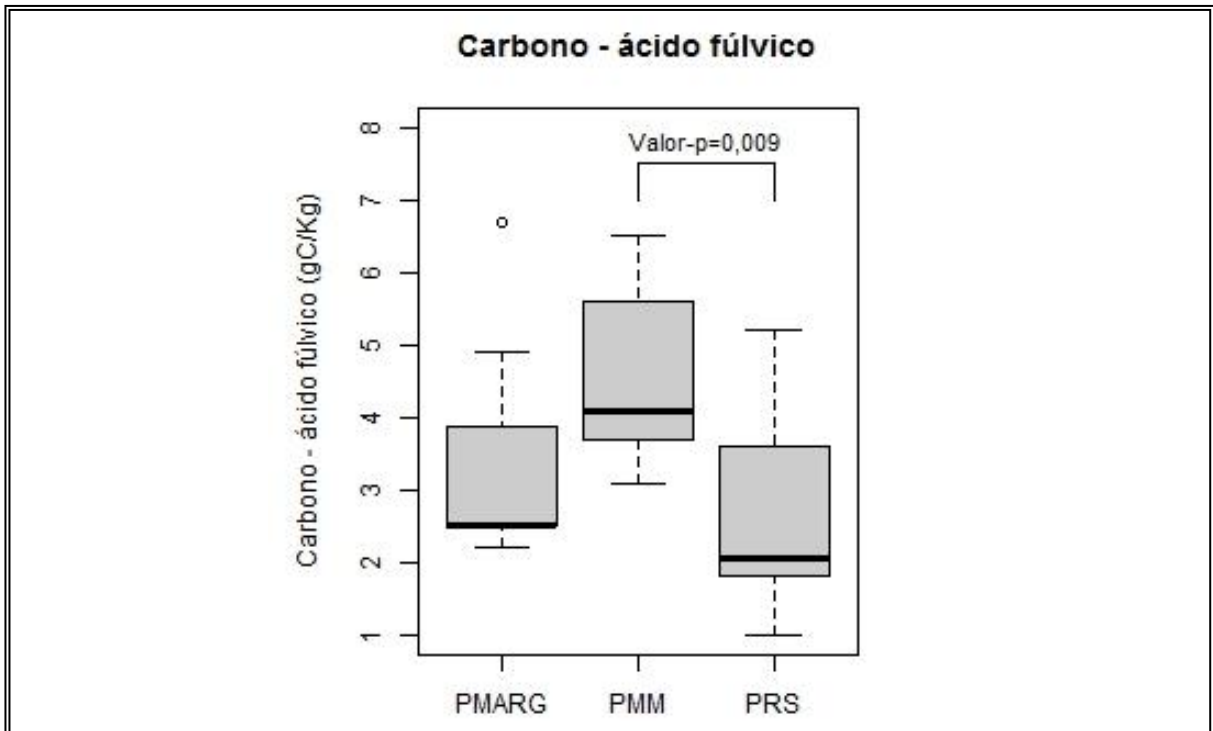
Os teores de carbono sequestrado como ácido fúlvico foram maiores do que os de ácido húmico, de acordo com a descrição da literatura. Relacionam-se com o transporte de nutrientes e o grau de atividade de um ecossistema (BENITES; MADARI; MACHADO, 2003; CANELLAS; VELLOSO; SANTOS, 2005; ADANI; GENEVINI; TAMBONE, 2006; ADANI; SPAGNOL, 2006). Os teores encontrados no Parque Municipal das Mangabeiras foram maiores que nas demais áreas. Já, entre a Praça Raul Soares e o Parque Municipal Américo Renê Giannetti, os resultados não diferiram entre si (gráfico 8).

Gráfico 7 – Comparação entre os valores relacionados ao carbono sequestrado em ácido húmico no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014. Execução: ABG Consultoria Estatística.

Gráfico 8 – Comparação entre os valores relacionados ao carbono sequestrado em ácido fúlvico no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014. Execução: ABG Consultoria Estatística.

A análise conjunta desses gráficos oferece um panorama do processo de sequestro de carbono pelo solo, relacionado ao fluxo vertical de energia e matéria nas florestas urbanas. Corrobora-se então a existência de atributos paisagísticos com desempenhos ambientais contrastantes, entre a área de referência – Parque Municipal das Mangabeiras – e a Praça Raul Soares, os quais devem ser considerados para a implantação de serviços ecossistêmicos em meio urbano.

Além disso, esses dados evidenciam que os serviços ecossistêmicos de fertilidade, drenagem e estabilidade estão sendo exercidos no Parque Municipal das Mangabeiras e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti, o que pode ser atribuído ao tipo de vegetação presente e corroborado pelas informações depreendidas dos resultados de ^{13}C – gráfico 5.

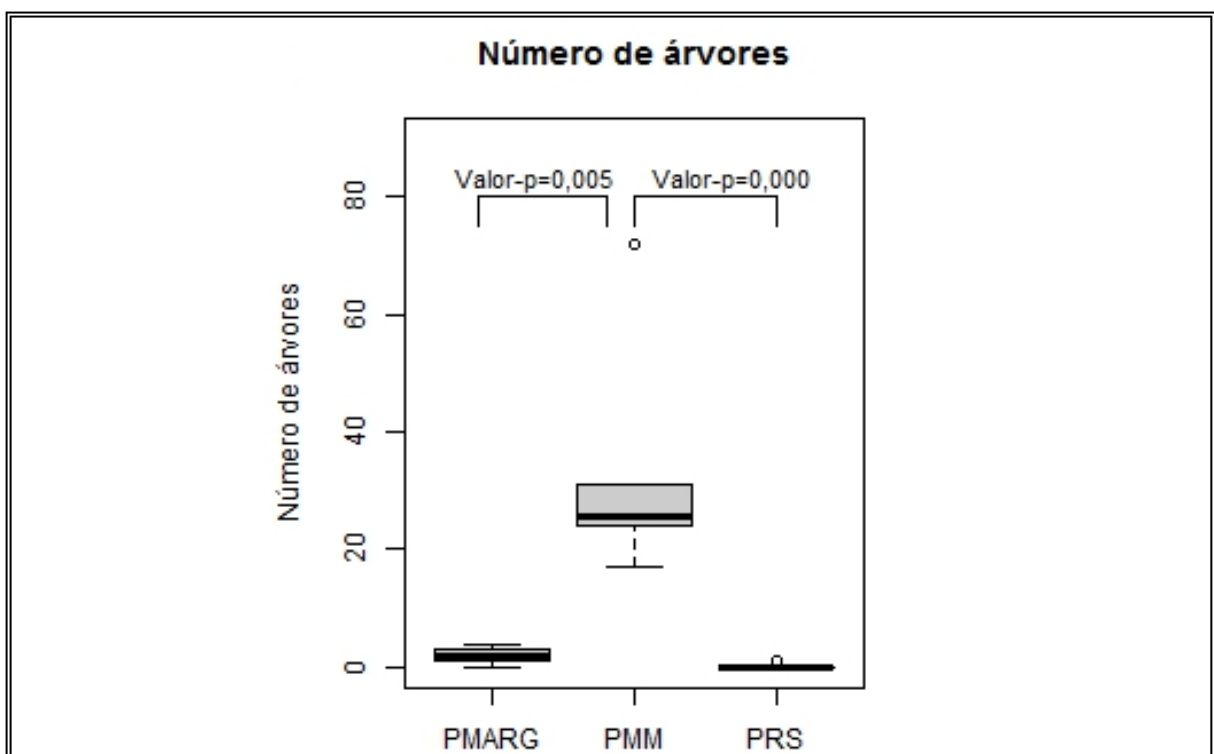
A vegetação arbórea, com elevado teor de Lignina é a principal responsável pela formação de serrapilheira e de matéria orgânica humificada (ADANI; GENEVINI; TAMBONE, 2006; ADANI; SPAGNOL, 2006; BONAM, 2008). Em ambas as áreas a vegetação arbórea está executando funções ecossistêmicas de sequestro de carbono, especialmente de carbono húmico, indicador funcional dos

serviços ambientais de drenagem. Os índices encontrados vão ao encontro de que a vegetação nesses trechos oferece serviços ambientais necessários para a manutenção do lençol freático.

Além disto, o maior número de indivíduos arbóreos e os maiores teores de carbono em biomassa arbórea e serrapilheira foram sequestrados no Parque Municipal das Mangabeiras – área de referência – (GRÁFICOS 9, 10, e 11). Os índices encontrados apresentaram-se estatisticamente maiores do que nas demais áreas de estudo e podem ser associados ao desempenho da área na provisão de serviços ecossistêmicos. Ofertam indícios de tratamentos paisagísticos para o estabelecimento ou melhoria de funcionalidades ambientais em outros trechos de floresta urbana.

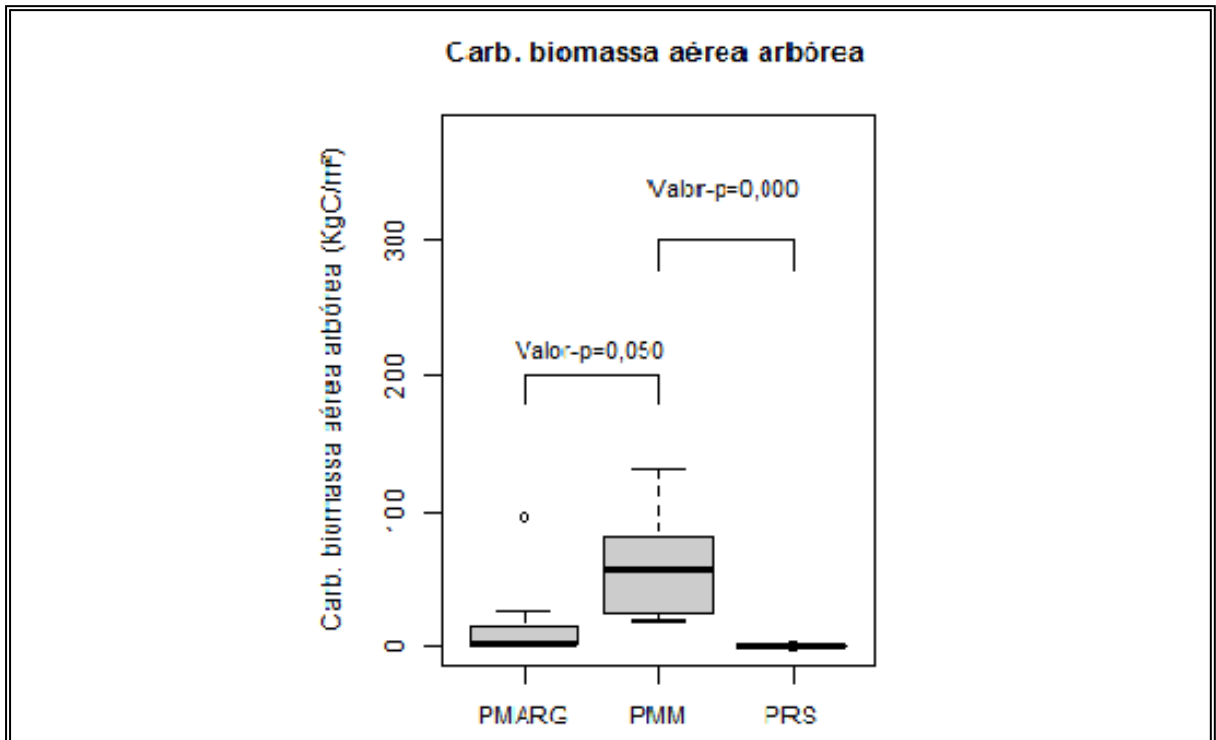
Em contraste, o carbono sequestrado na Praça Raul Soares está relacionado com a vegetação herbácea graminosa (GRÁFICO 12), área na qual não se observam as funções ecossistêmicas nos níveis desejáveis. Isso traz uma informação significativa para o estudo: que as forrações e áreas gramadas, tanto na Praça Raul Soares, quanto no Parque Municipal Américo Renê Giannetti, aparentemente são inócuas perante a instalação de serviços ambientais.

Gráfico 9 – Comparação entre os valores relacionados ao número de árvores, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)



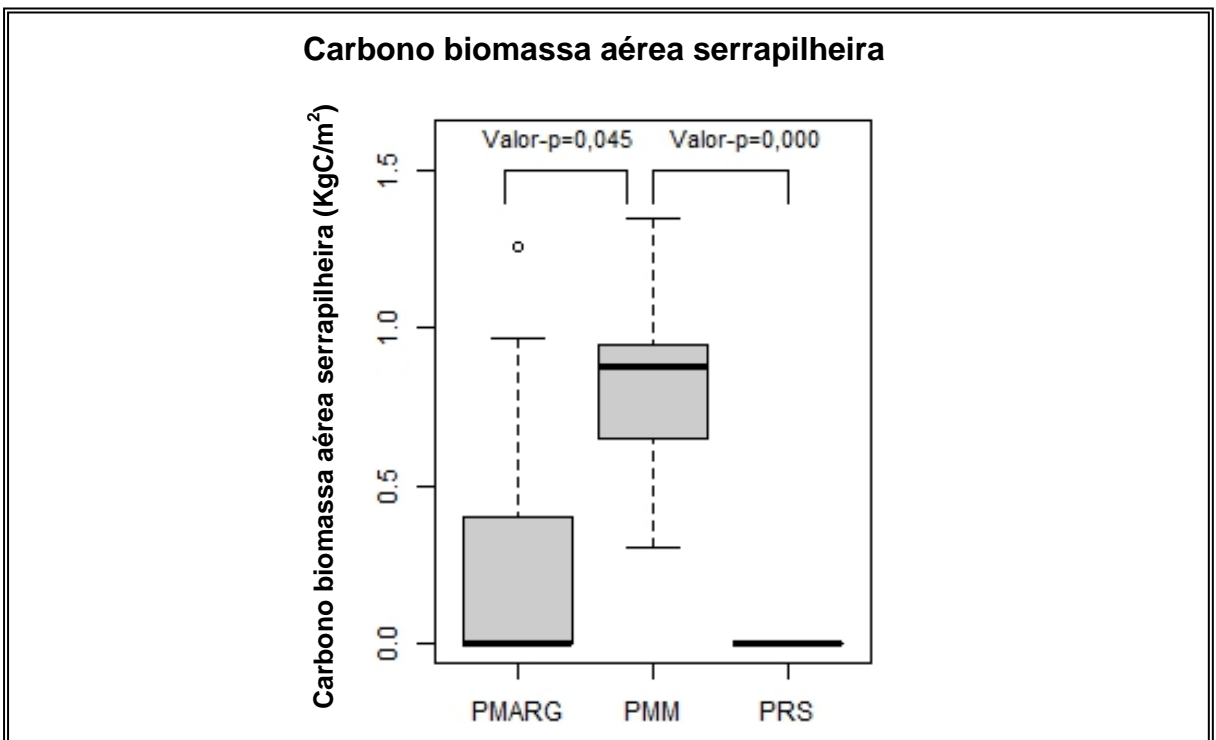
Fonte: Elaborado pelo autor, 2014. Execução: ABG Consultoria Estatística.

Gráfico 10 – Comparação entre os valores relacionados ao carbono em biomassa arbórea, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)



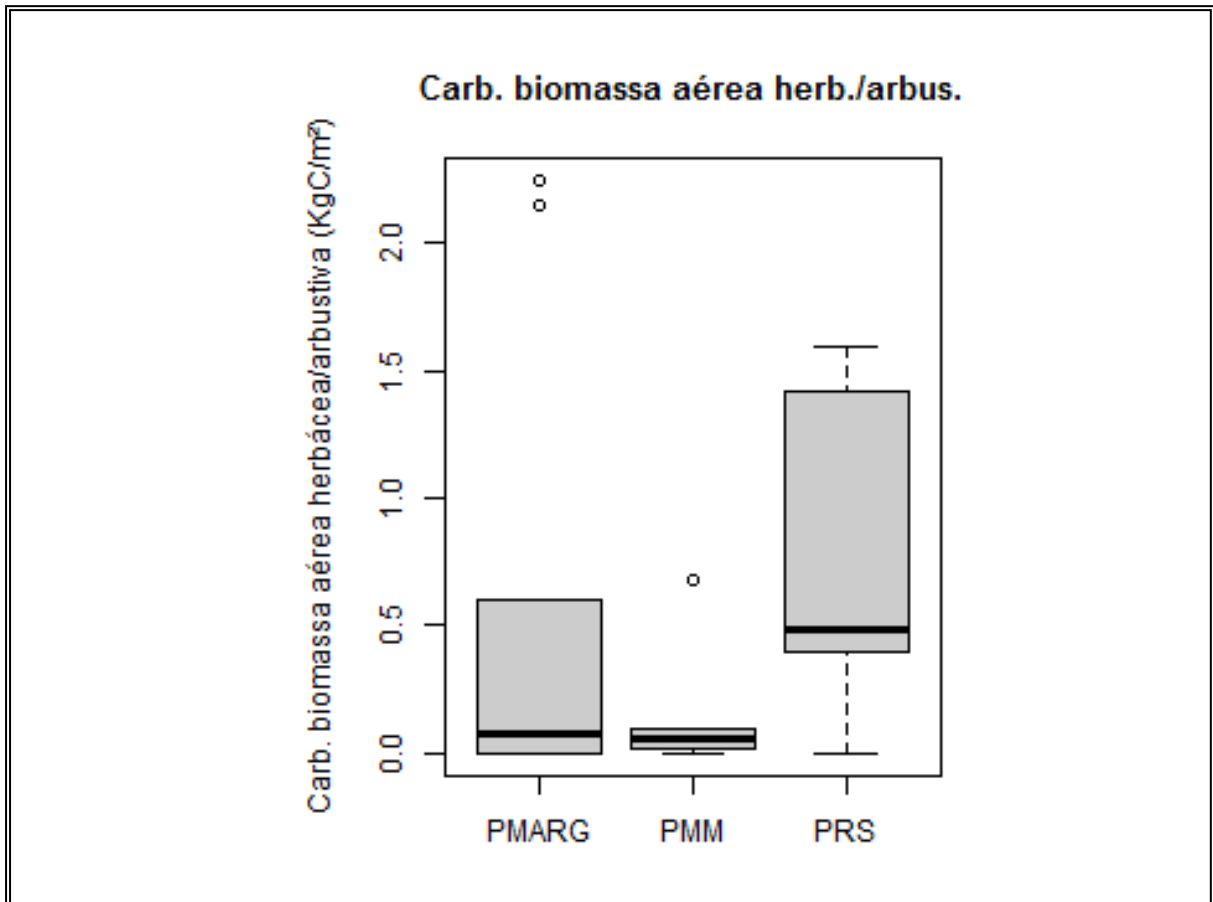
Fonte: Elaborado pelo autor, 2014. Execução: ABG Consultoria Estatística.

Gráfico 11 – Comparação entre os valores relacionados ao carbono em serrapilheira, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014. Execução: ABG Consultoria Estatística.

Gráfico 12 – Comparação entre os valores relacionados ao carbono em vegetação herbácea/arbustiva, no Parque Municipal das Mangabeiras (PMM), na Praça Raul Soares (PRS) e no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG)

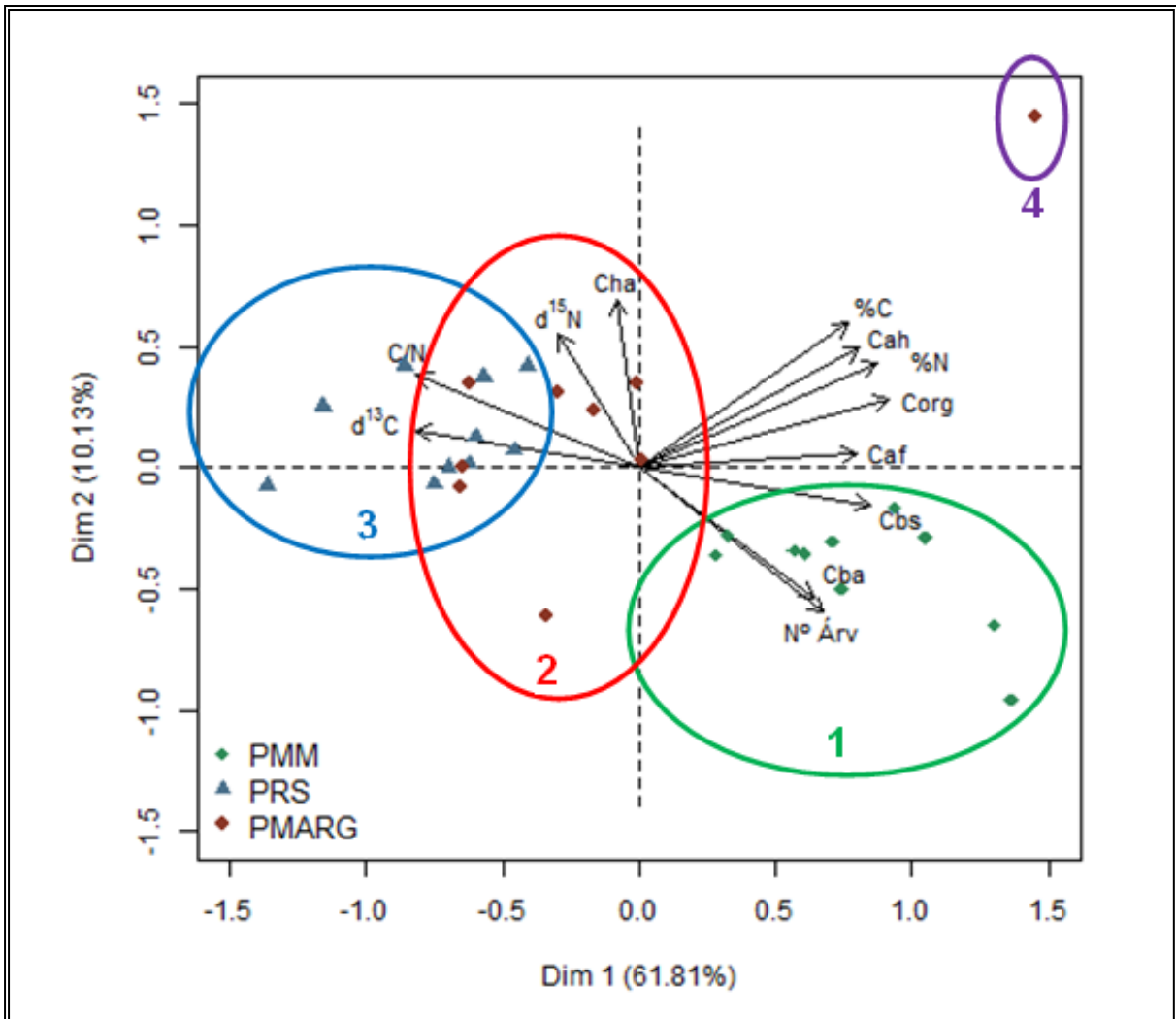


Fonte: Elaborado pelo autor, 2014. Execução: ABG Consultoria Estatística.

5.3 Análise funcional dos trechos de floresta urbana por meio de mapa perceptual de componentes principais para as variáveis

Os resultados acima tratados foram ainda agrupados em um gráfico perceptual via Análise de Componentes Principais – gráfico 13 –, por meio do qual é possível entender a correlação entre as variáveis ambientais estudadas e a importância de cada uma na prestação dos serviços ecossistêmicos vinculados ao ciclo de carbono e nitrogênio. Nesse caso, o gráfico ainda traz outra informação significativa: permite ainda verificar o comportamento de cada área analisada em relação às variáveis estudadas, possibilitando uma percepção sistêmica do funcionamento delas, suas similaridades e diferenças.

Gráfico 13 – Mapa perceptual via componentes principais para as variáveis, indicando a correlação entre as variáveis e o desempenho dos trechos de floresta urbana na prestação dos serviços ambientais relacionados



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014. Execução: ABG Consultoria Estatística.

De acordo com o gráfico 13, o componente 1 (Dim 1) é composto pela maioria das variáveis e explica 61,81% do C sequestrado nas áreas de estudo. A inclusão do componente 2 (Dim 2), representado especialmente pela biomassa herbácea explica 10,13% dos resultados. As suas variáveis, conjuntamente explicariam 71,94% do carbono sequestrado nas áreas de estudo.

Abordando-se a relação entre as variáveis estudadas, o percentual de carbono (%C), percentual de nitrogênio (%N), carbono sequestrado em ácido húmico (Cah), carbono sequestrado em ácido fúlvico (Caf), carbono orgânico total (Corg) e carbono em serrapilheira (Cbs) são positivamente correlacionadas. Isso quer dizer que quando o valor de uma aumenta o da outra também - seus efeitos no

meio ambiente são imbricados e relacionados positivamente ao sequestro de carbono e à absorção biológica de nitrogênio.

O mesmo ocorre com as variáveis carbono isotópico 13 ($d^{13}C$) e razão carbono/nitrogênio (C/N), que, entretanto, são negativamente correlacionadas com as variáveis acima citadas. Ou seja, diminuem quando aquele grupo aumenta, o que é desejável para a implantação de serviços ambientais.

Além disso, a razão carbono/nitrogênio e o carbono isotópico 13 apresentaram-se negativamente correlacionados com o número de árvores (N° Arv), o carbono em serrapilheira (Cbs) e o carbono em biomassa arbórea (Cba).

Essa informação é extremamente significativa. Indica que o aumento do número de árvores e de biomassa arbórea em uma área, além de contribuir para a formação da camada de serrapilheira, impacta positivamente o processo de sequestro de carbono no solo. Propicia a formação de ácidos húmicos e fúlvicos, além do aumento das concentrações de carbono. Esse processo proporciona, por meio da diminuição da razão carbono/nitrogênio, a estabilização biológica da área. Indica também que, conforme essas árvores se desenvolvem e adquirem biomassa, maior a sua participação nesse processo.

Por sua vez, a negatividade dos valores de carbono isotópico 13 e da razão carbono/nitrogênio, implica o aumento de todas as outras variáveis, majorando ou implantando toda a gama de serviços ecossistêmicos relacionados, como: permeabilidade do solo, drenagem, boas taxas de desempenho fotossintético, formação de biomassa aérea, melhoria microclimática, conservação da biodiversidade, fertilidade do solo, imobilização de poluentes, dentre outros relacionados neste estudo.

Pelas relações observadas entre as variáveis estudadas fica claro seu imbricamento e sinergia. Esse fato chama atenção para o impacto, positivo ou negativo, decorrente de modificações no fluxo de matéria e energia em ecossistemas. Bem como, para os ganhos em termos de funcionalidades ambientais pela instrumentalização dessas relações em diretrizes orientadas para o *design* funcional das florestas urbanas.

As variáveis mais relacionadas com o sequestro de carbono foram o número de árvores, o percentual de carbono (%C), o carbono acusado pelo carbono isotópico 13 ($d^{13}C$), o percentual de nitrogênio no solo (%N), o carbono sequestrado em ácidos húmicos (Cah) e a razão carbono:nitrogênio (C/N).

O gráfico 13 mostra também a dispersão das áreas estudadas de acordo com as variáveis estudadas no que se refere ao sequestro de carbono. De acordo com o gráfico pode-se agrupar áreas estudadas em grupo 1 (Parque Municipal das Mangabeiras – PMM) que dista das demais áreas, grupo 2 (Parque Municipal Américo Renê Giannetti – PMARG) que ocupa uma posição intermediária com maior proximidade à Praça Raul Soares (PRS), que representa o grupo 3, mais distante e separado do grupo 1. Cabe ainda citar o grupo 4, formado por um único ponto no Parque Municipal Américo Renê Giannetti (PMARG), que ocupa uma posição distante em relação a todos os outros.

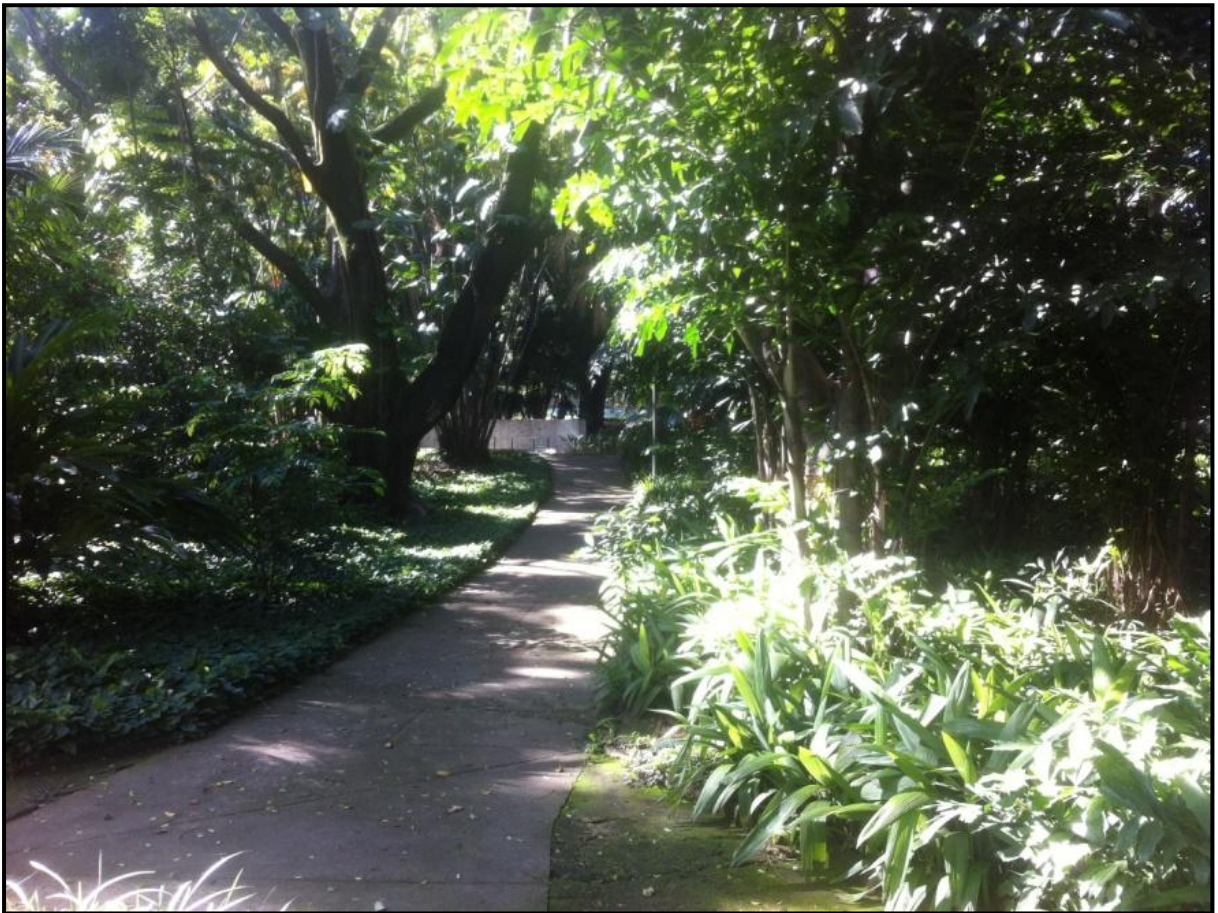
Em relação ao desempenho das áreas analisadas, o Parque Municipal das Mangabeiras, conforme o gráfico 13, apresentou os maiores valores das variáveis Número de Árvores, Cbs, Caf, Corg, %N, Cah, %C e Cba e os menores valores das variáveis $d^{13}C$ e C/N, ratificando o excelente desempenho desse trecho de floresta urbana na prestação de serviços ecossistêmicos.

Já a Praça Raul Soares apresentou os maiores valores das variáveis $d^{13}C$ e C/N, que, uma vez, negativamente relacionados às variáveis acima citadas, indica a deficiência da área na prestação de serviços ambientais.

Por sua vez, o Parque Municipal Américo Renê Giannetti, com atributos paisagísticos comuns a ambas as áreas se posiciona intermediariamente, de acordo com o gráfico 13. Os resultados encontrados indicam uma provável evolução em direção à área de referência, que pode ser atribuída ao contingente de espécies de porte arbóreo e à formação de matéria orgânica húmica na área. Não seria a quantidade, mas a natureza do carbono sequestrado no local que ofereceriam indícios da implantação de serviços ecossistêmicos funcionais. Nesse caso, as similaridades observadas, no gráfico, entre o Parque Américo Renê Giannetti e a Praça Raul Soares, se dariam, principalmente, pelo manejo inadequado com uso de grama e alto grau de adubação química no local.

Contudo, uma única área, no Parque Municipal Américo Renê Giannetti – figura 46 – apresentou desempenho superior ao da área de referência, indicada como grupo 4 (GRÁFICO 13). Corresponde ao ponto de amostragem D1P1 e apresenta-se como indício de que áreas com atributos semelhantes aos de ecossistemas florestais podem desempenhar serviços ecossistêmicos significativos em meio urbano.

Figura 46 – Área no Parque Municipal Américo Renê Giannetti, com desempenho ambiental superior ao da área de referência



Fonte: Acervo do autor, 2014.

O mapa perceptual também ratifica os indícios até então apresentados de que o Parque Municipal das Mangabeiras apresenta funcionamento de tendências sintrópicas. Percebe-se também o funcionamento entrópico da Praça Raul Soares e a situação intermediária do Parque Municipal Américo Renê Giannetti, devido à sua composição heterogênea, que o configura como um sistema complexo, de tendências ainda entrópicas, mas cujo quadro poderia facilmente ser revertido, aproximando-o mais da área de referência.

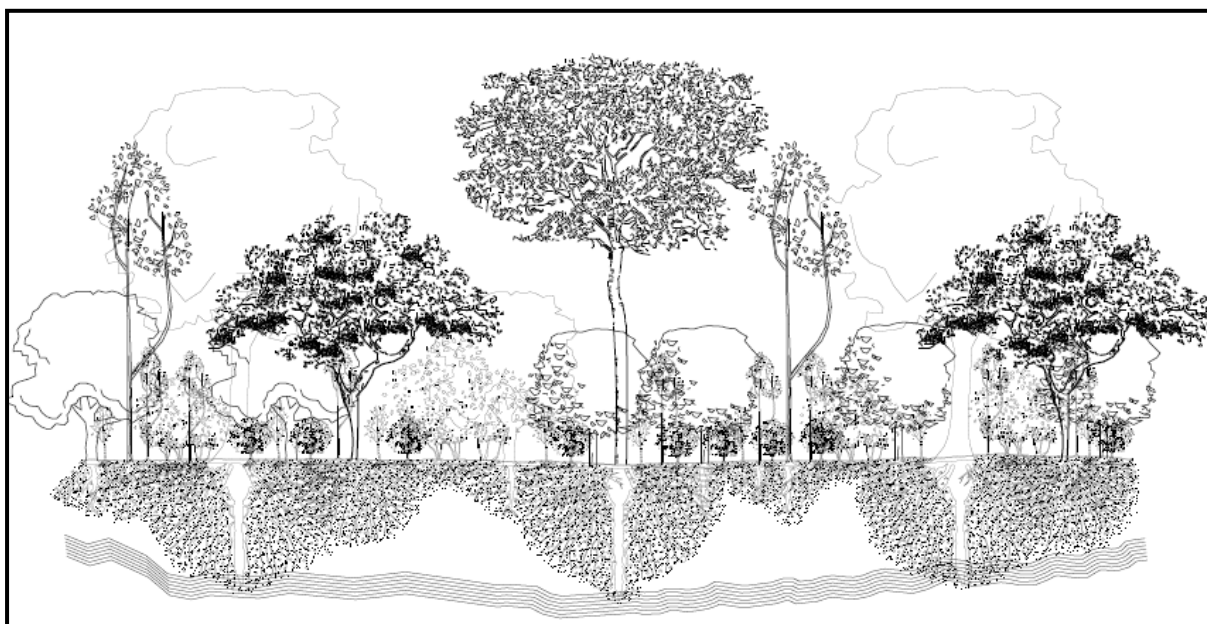
6 CONSIDERAÇÕES SOBRE A MELHORIA OU INTRODUÇÃO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS URBANOS EM TRECHOS DE FLORESTA URBANA

Objetivando a introdução ou melhoria do fluxo vertical de energia e matéria em trechos de floresta urbana, procurou-se consolidar as análises, até então realizadas, em possíveis diretrizes paisagísticas. Cada área, ilustrada por meio de uma série representativa do respectivo trecho de floresta urbana, contribuiu para o direcionamento de práticas a serem adotadas ou evitadas. Foram observadas as relações entre sistema natural e antrópico, processos morfológicos, o tratamento paisagístico adotado, todos relacionados com o desempenho ambiental encontrado.

6.1 Área de referência – Parque Municipal das Mangabeiras

A série representativa, que traduzisse, visualmente, os atributos do trecho de floresta urbana referente ao Parque Municipal das Mangabeiras, foi elaborada, de acordo com a concentração de árvores por metro quadrado, observando as características dos blocos de amostragem (FIGURA 47). Utilizou-se como referência a proporção média dos Diâmetros Acima do Peito (DAP) encontrados, com as respectivas biomassas aéreas decorrentes. Para o desenho do sistema de raízes, utilizou-se a proporção de 26% de biomassa abaixo da terra em relação à aérea, de acordo com as estimativas apontadas pelo *IPCC* (2003).

Figura 47 – Ilustração da série representativa do trecho de floresta urbana, na área de referência



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

Os elementos sintetizados nessa ilustração em conjunto com as análises morfológicas e funcionais realizadas permitiram as considerações que se seguem.

Das análises morfológicas, depreende-se a importância da identificação e preservação de unidades componentes das faixas de hiatos urbanos – *fringe belts* na paisagem urbana. Configuram-se como áreas estratégicas para estudos ou medidas de gestão orientadas para a manutenção ou melhoria do fluxo vertical de energia e matéria, com os respectivos ganhos ambientais. Unidades como a do Parque Municipal das Mangabeiras podem propiciar um modelo apto para balizar a introdução de serviços ecossistêmicos na estrutura da paisagem urbana melhorando a funcionalidade das áreas vegetadas e orientando o design das florestas urbanas ao paradigma da sustentabilidade.

Observa-se que, para que esse fim seja alcançado e a área possa subsidiar o estabelecimento de metas objetivas de restauração em projetos de recuperação ambiental em meio urbano, é necessário que o uso do solo crie condições para essa configuração. Se o uso de parque não fosse instalado na área, dificilmente seriam encontrados estratos vegetais preservados em um ecossistema florestal com o grau de estabilidade tão significativo.

Além disso, é interessante que o projeto paisagístico proposto esteja orientado desde o início para a proteção e recuperação dos estratos vegetais remanescentes, incidentes sobre as superfícies suaves da área. A proposta apresentada por Burle Marx verificou-se bem sucedida na preservação dos serviços ambientais na área amostrada, que não apresentou impactos decorrentes das atividades realizadas no parque - lazer, desporto e educação ambiental.

Mas quais seriam os atributos paisagísticos que teriam possibilitado o desempenho ambiental relacionado ao sequestro de carbono e ao ciclo paralelo de nitrogênio na área analisada?

A área de referência apresenta estrato arbóreo em uma proporção próxima a um indivíduo por metro quadrado. Essa quantidade vai ao encontro da

significativa fertilidade do solo e produtividade das plantas – reflexo grau de instalação do ciclo de carbono e do paralelo de nutrientes, em especial o nitrogênio.

Outro atributo verificado foi a instalação do processo de sucessão vegetal na área, observado pela ocorrência de árvores nos mais diversos estágios de desenvolvimento, com as mais variadas alturas e heterogeneidade de porte. As árvores configuram um sistema equilibrado e dinâmico, adaptadas entre si: não há a necessidade de distanciamento padrão entre as espécies e a proximidade entre as copas das árvores não indica conflito ou stress da planta, nem compromete a produtividade do sistema ou o ciclo vertical de nutrientes e energia.

Além disso, são encontradas árvores representantes da camada vegetação original, com porte significativo em relação às demais, todas adaptadas entre si, corroborando o equilíbrio da área. Sua reservação demonstra-se importante para a prestação de serviços ecossistêmicos.

Nesse trecho de floresta urbana há a formação de uma camada de serrapilheira perene sobre o solo. A formação e estabilização dessa camada é condição *si ne qua non* para o eficiente sequestro de carbono na área, instalação do ciclo paralelo de nutrientes, fluxo vertical de energia e matéria e o provimento de serviços ecossistêmicos florestais.

A figura 48 apresenta um dos trechos analisados no Parque Municipal das Mangabeiras, onde é possível se observar os atributos paisagísticos até então relatados. Destaquem-se o número significativo de espécies arbóreas e a proximidade entre elas, bem como a ocorrência de árvores com diversos portes, com a instalação de sucessão vegetal e o solo completamente coberto por uma camada perene de serrapilheira.

Figura 48 – Trecho da floresta urbana, no Parque Municipal das Mangabeiras. É possível observar a formação de camada perene de serrapilheira sobre o solo, número significativo de árvores, com variados portes, além da instalação do processo de sucessão vegetal



Fonte: Acervo do autor, 2014.

Essa camada, de acordo com os levantamentos, seria composta com os mais variados tipos de detritos vegetais com predominância dos lenhosos - decorrentes da decomposição das folhas, galhos e troncos das árvores. Essa predominância é importante para a formação mais significativa de ácidos húmicos e humina. Cabe frisar que a serrapilheira é um importante isolante térmico do solo que, ao mesmo tempo que protege a umidade das substâncias húmicas, retém considerável proporção de água, diminuindo a evaporação da água do solo. Na figura 49 apresenta-se um detalhe da camada de serrapilheira existente no Parque Municipal das Mangabeiras, coletada durante o levantamento da área.

Figura 49 – Detalhe da camada perene de serrapilheira no Parque Municipal Américo Renê Giannetti



Fonte: Acervo do autor, 2014.

Já em relação à estabilidade biológica da área, relacionada à fixação natural de nitrogênio e carbono, pode-se aferir a ocorrência de árvores e arbustos leguminosos – ricos em nitrogênio. Observa-se a importância da existência desse tipo de vegetação para o equilíbrio de ecossistemas florestais.

Essas características, por sua vez, levam ao entendimento de outros atributos da floresta urbana, todos existentes abaixo do solo e relacionados com a qualidade, o desempenho, a estabilidade e o fluxo de energia e matéria verificados.

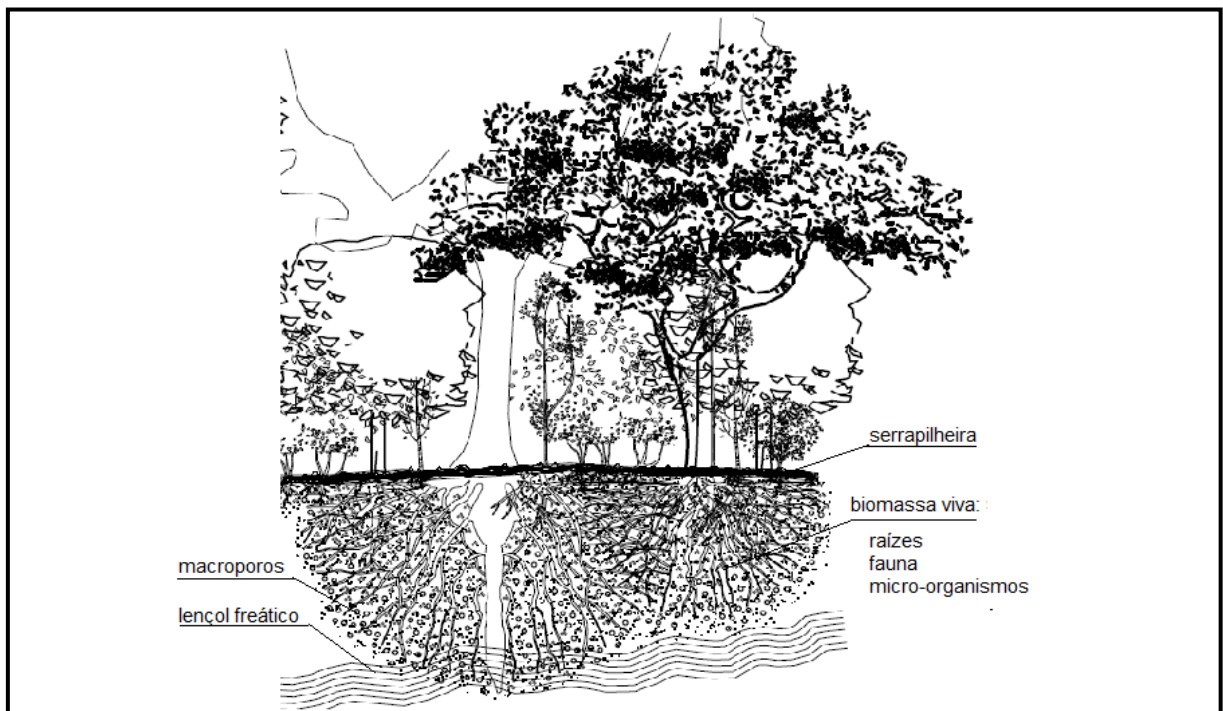
Paralelamente à expressiva concentração de árvores existentes ocorre significativa quantidade de biomassa viva abaixo do solo, composta por raízes, micro-organismos (fungos e bactérias) e fauna. Compõem o sistema responsável pelo fechamento do ciclo de carbono e nutrientes, envolvendo tanto a imobilização, quanto o retorno e reciclagem desses elementos no local. Sem a presença desses elementos não há serviço ecossistêmico a ser implantado ou melhorado. Sua funcionalidade é gravemente relacionada à presença de camada de serrapilheira perene.

Por sua vez, como a área apresenta indícios de que tanto o ciclo de carbono, quanto o paralelo de nutrientes encontram-se implantados, espera-se a

ocorrência significativa de micro e macroporos no solo. Esses atributos, relacionados ao sequestro de carbono nas formas mais estáveis é responsável pelo serviço ecossistêmico de drenagem. O solo se torna aerado, permitindo a absorção das águas das chuvas, contribuindo para a manutenção do nível dos lençóis freáticos. Quanto maior e mais estável o sequestro de carbono pelo solo, maior sua permeabilidade e capacidade de infiltração de água.

Esse se configura como um dos mais significativos serviços ecossistêmicos proporcionados por trechos de floresta urbana como o Parque Municipal das Mangabeiras. O conjunto dos atributos paisagísticos, acima e abaixo do solo, criam condições para formação de um sistema que, não só propicia a infiltração de água no solo, como mantém o nível do lençol freático e alimenta as sub-bacias e as bacias hidrográficas. Tais atributos paisagísticos podem assim ser relacionados com a disponibilidade de água doce em determinadas regiões. A figura 50 apresenta representação esquemática das características da paisagem apresentadas até então, com destaque à camada de serrapilheira, o sistema formado pela biomassa viva abaixo do solo, os macroporos responsáveis pela infiltração de água (porosidade), aeração do solo e manutenção do lençol freático.

Figura 50 – Atributos paisagísticos inerentes à área de referência: camada perene de serrapilheira, concentração significativa de biomassa viva abaixo do solo, com a aeração decorrente e a manutenção do lençol freático



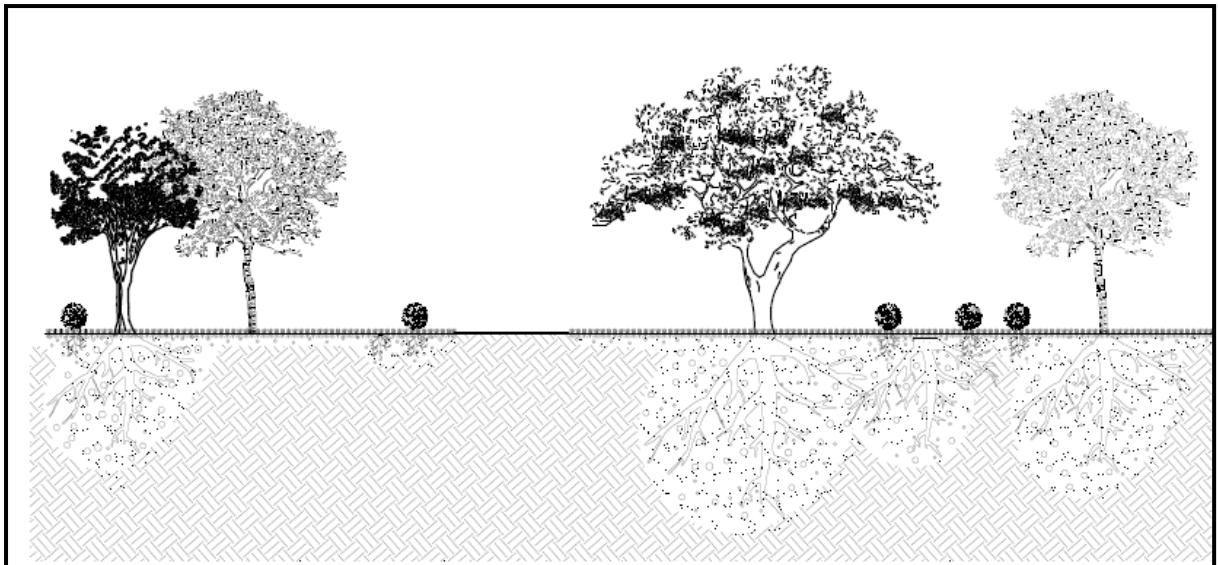
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

6.2 Praça Raul Soares

De forma a expressar o contraste entre a área de referência e a Praça Raul Soares e subsidiar o traçado de considerações e diretrizes paisagísticas, a figura 51 apresenta a ilustração da série representativa do trecho de floresta urbana incidente sobre a praça.

Figura 51 – Ilustração da série representativa do trecho de floresta urbana incidente sobre Praça Raul Soares



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.
Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

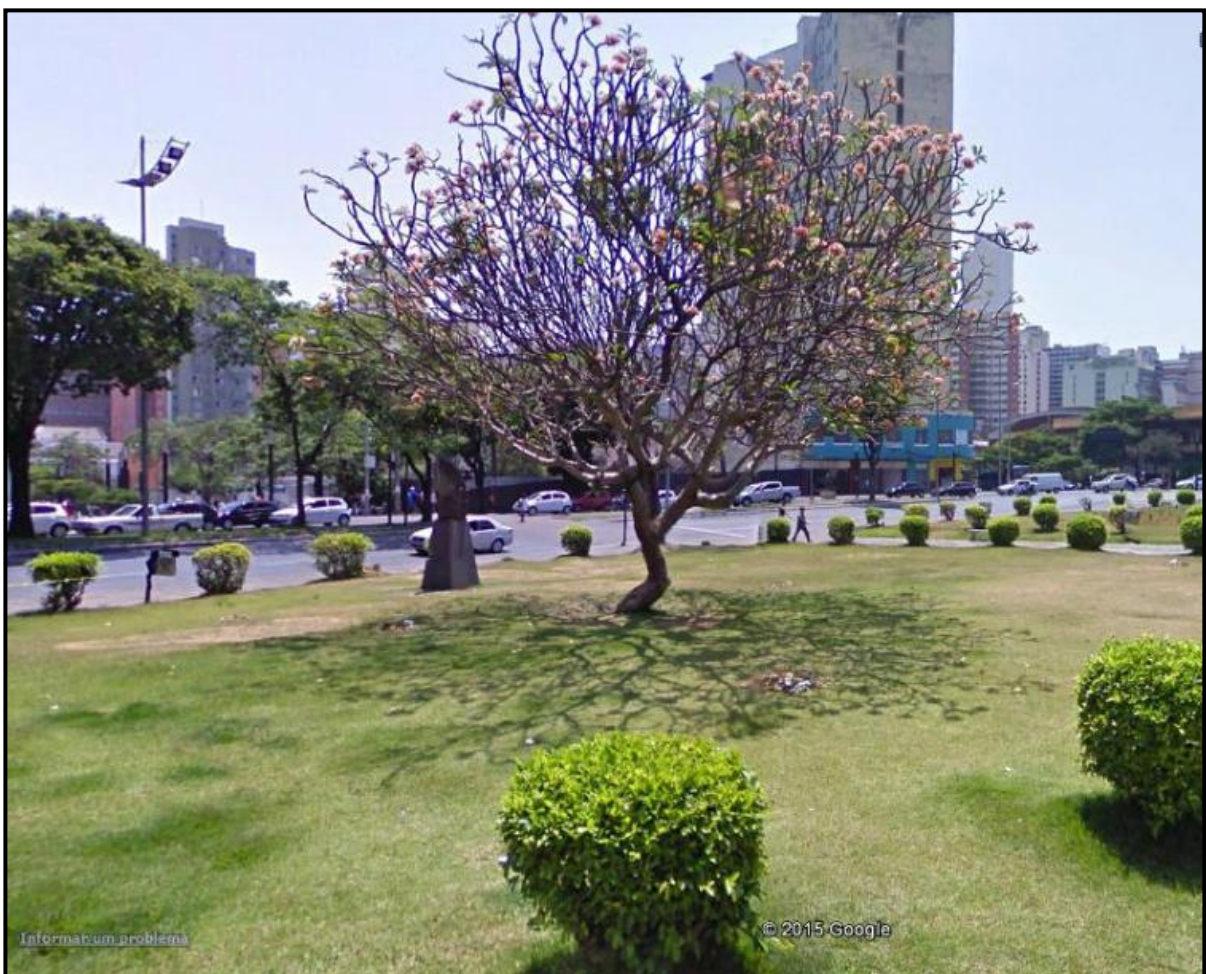
Pelos estudos morfológicos, a associação de trechos de floresta urbana às formas complexas mais estáveis demonstrou-se estratégica: a localização de trechos vegetados em praças ou áreas associadas ao sistema viário (caso da Praça Raul Soares) parece contribuir para a sua permanência ao longo da malha urbana.

Já o tombamento do conjunto urbano da praça, aparentemente, agrega proteção à forma urbana da praça. Contudo parece estar mais direcionado às superfícies rígidas – no caso, o calçamento –, denotando ainda a percepção das superfícies suaves, nesse tipo de forma urbana, como residuais ou complementares. A proteção não se estende ao conjunto arbóreo incidente sobre a praça, o qual variou significativamente ao longo dos anos, de acordo com os aumentos e supressões anteriormente citados.

Em relação à concepção paisagística, as análises apontaram para a ineficácia do modelo praça ajardinada na prestação de serviços ecossistêmicos

urbanos. Os trechos gramados, conjugados com atividades de rastelo, não permitem a formação de camada de serrapilheira abaixo das árvores. Bloqueia-se assim o fluxo vertical de energia e matéria, dificultando, ou mesmo impedindo, a prestação de serviços ambientais decorrentes da instalação dos ciclos de carbono e paralelo de nutrientes. O quadro é ilustrado pela figura 52, no qual é possível se visualizar um trecho da floresta urbana incidente sobre a Praça Raul Soares com essas características.

Figura 52 – Trecho da floresta urbana incidente sobre a Praça Raul Soares, com trechos gramados abaixo da copa das árvores, sem a presença de serrapilheira



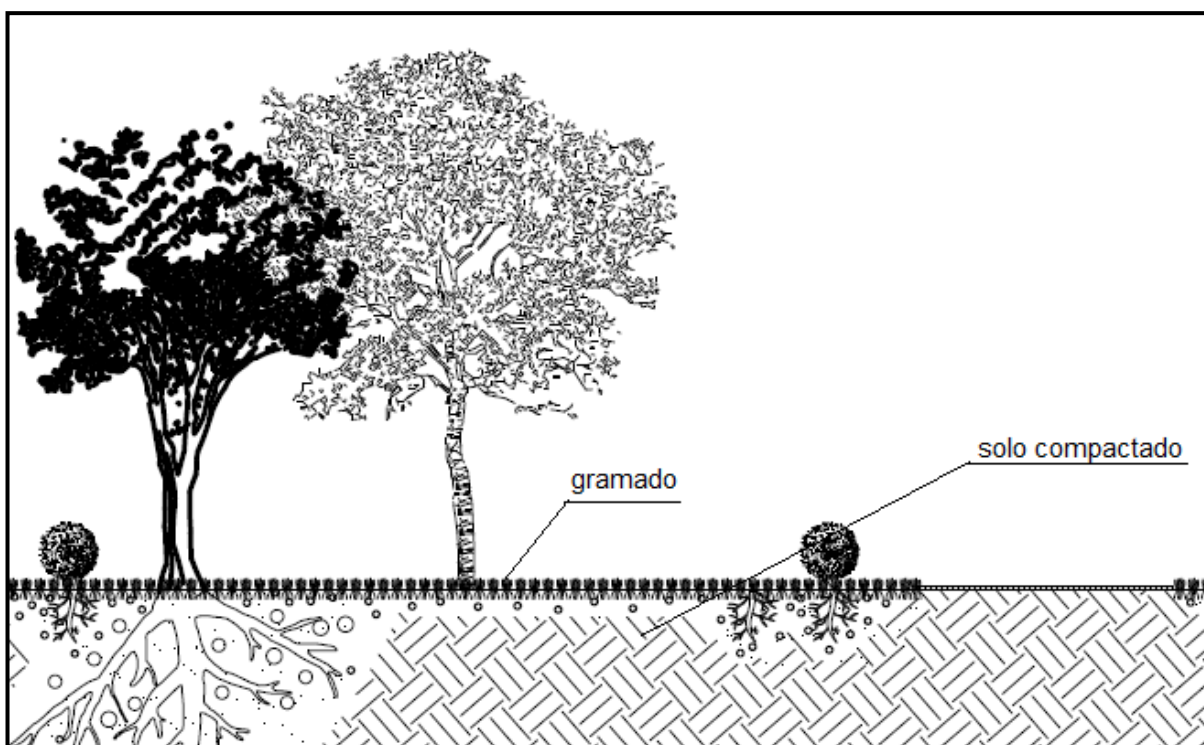
Fonte: Google Earth, 2015.

Como a porosidade criada pela grama é superficial, propicia a compactação do solo abaixo de suas raízes. Essa característica, somada à ausência de serrapilheira e aos baixos índices de sequestro de carbono – responsável pela formação de macroporos – configuram indícios da precariedade da drenagem do solo na área – figura 53.

O decorrente grau de compactação da terra configura ambiente inóspito para a formação de biomassa viva, principalmente a originária de fungos e bactérias. Esse quadro condiz com o desempenho inferior da área em relação ao sequestro de carbono e a ausência de atributos para a sua instalação.

Outra diferença entre as séries analisadas é a menor concentração de árvores na praça. A vegetação existente decorre de intervenções paisagísticas, sem nenhum atributo que a aproxime de um modelo florestal.

Figura 53 – Detalhe da série representativa da floresta urbana da Praça Raul Soares, indicando a compactação do solo decorrente da utilização de trechos gramados sob áreas arborizadas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

Além disso, na Praça Raul Soares (FIGURA 54), foram verificados trechos de floresta urbana com terra descoberta, nas áreas de roseiral. Além da compactação do solo, tais áreas configuram-se como emissoras de carbono, levando à perda (depleção) desse elemento no solo.

Figura 54 – Roseirais com solo exposto na Praça Raul Soares: evasão de carbono



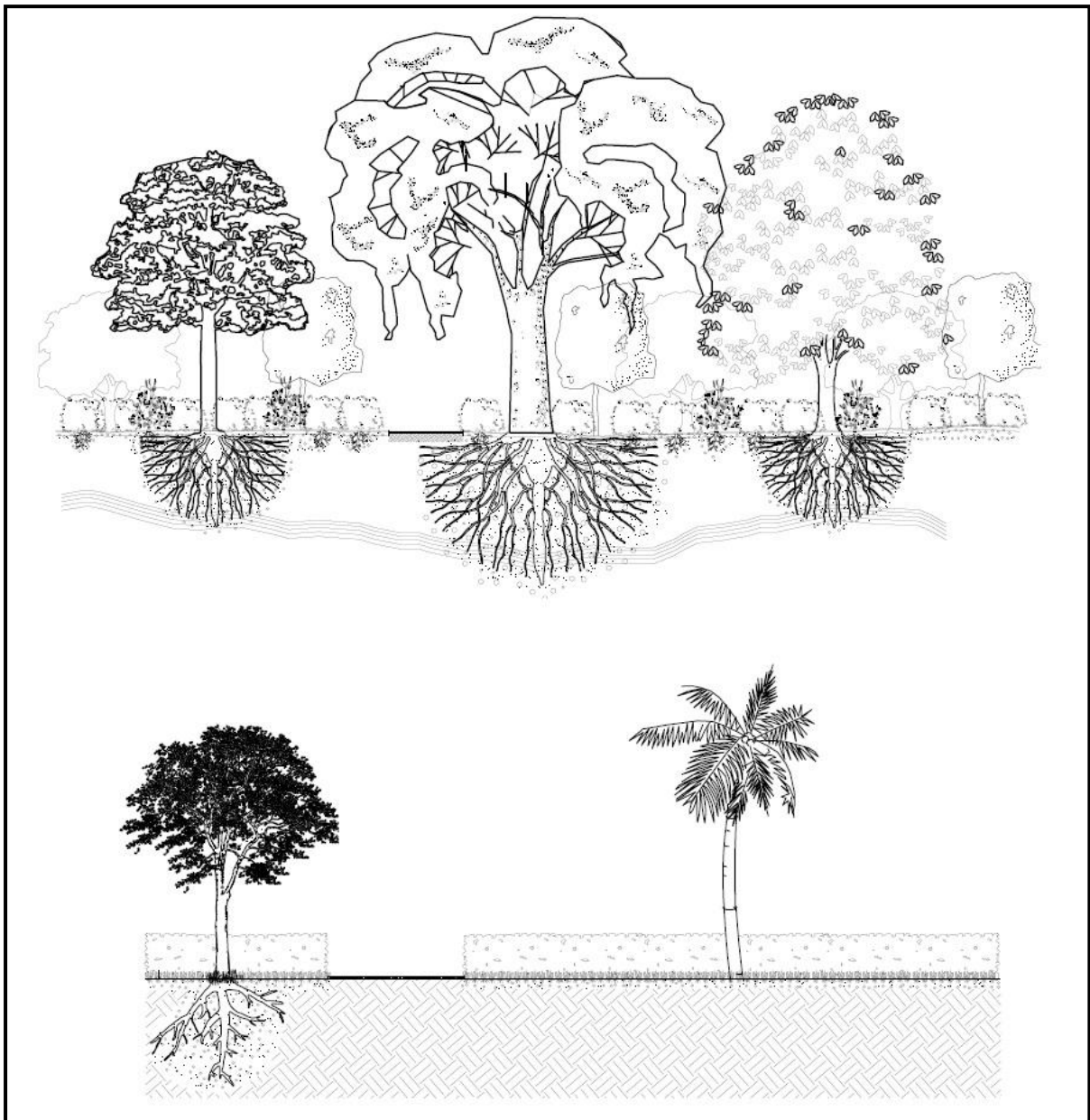
Fonte: Google Earth (2015).

Contudo, visando o aprofundamento do estudo, cabe agora considerar os atributos paisagísticos do Parque Municipal Américo Renê Giannetti – área de constituição heterogênea.

6.3 Parque Municipal Américo Renê Giannetti

Procurou-se assim ilustrar, na figura 55, duas séries representativas que expressassem a heterogeneidade do Parque Municipal Américo Renê Giannetti. Acima a representação tipológica do paisagismo romântico e abaixo a do modelo neoclássico (ou jardim contemplativo).

Figura 55 – Ilustração das séries representativas da floresta urbana do Parque Américo Renê Giannetti



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ilustração: Priscila Lisboa de Paula.

Pelas análises morfológicas, cabe observar o potencial papel exercido por unidades componentes de faixas de hiatos urbanos internos, na prestação de serviços ambientais, nos centros urbanos. Quando providos de superfícies suaves, podem abrigar trechos de floresta urbana passíveis de intervenções voltadas para a melhoria do fluxo vertical de energia e matéria e da qualidade do meio ambiente urbano. O Parque Municipal Américo Renê Giannetti pode ser objeto de qualificação funcional, melhorando a prestação de serviços ambientais no Bairro Centro de Belo Horizonte.

Em relação à concepção paisagística, o estudo do parque traz à tona a necessidade de se estabelecerem diretrizes de projeto orientadas para a prestação de serviços ecossistêmicos, em áreas com tratamento heterogêneo. Aponta para a possibilidade de convivência de trechos com desempenho ambiental variados, desde que, sistemicamente, os serviços prestados, promovam impactos ambientais positivos. Cenário, entretanto, ainda não exercido pelo Parque Municipal Américo Renê Giannetti: os indícios referentes à instalação do ciclo de carbono e paralelo de nutrientes o assemelham à Praça Raul Soares, o que, provavelmente se deve às áreas gramadas e ao uso de adubos. Contudo, em face do significativo estrato arbóreo do parque e dos afloramentos de água existentes, intervenções podem ser realizadas, aproximando-o com certa facilidade do comportamento encontrado no Parque Municipal das Mangabeiras. A figura 56 ilustra o tratamento paisagístico diversificado na área, com áreas de concepção neoclássica (acima) e áreas de concepção romântica e atributos florestais (abaixo).

Figura 56 – Concepção heterogênea do Parque Municipal Américo Renê Giannetti. Uma neoclássica, com o uso de áreas gramadas (acima) e outra de concepção romântica e atributos florestais (abaixo)



O Parque Municipal há muito, desde sua inauguração, perdeu os atributos do sistema natural existente, sendo inviável a retomada do cenário anterior. Além disso, após a estabilização do perímetro do parque, em 1930, observou-se o aumento das superfícies rígidas e diminuição das superfícies de água. Esse conjunto de fatores caracterizam os impactos decorrentes da implantação do sistema antrópico sobre o natural na área.

Impacto provavelmente mitigado pelo intenso plantio de espécies arbóreas, durante o mesmo processo de implantação do sistema antrópico. O plantio de pomares, o transplante de árvores de outras propriedades e o aumento da concentração de árvores nas superfícies suaves remanescentes, parecem ter garantido, ao longo dos anos, em certas áreas, o sequestro de carbono no solo, mais qualificado, nas formas mais estáveis do ácido húmico e da humina. Perante esse quadro, chama-se atenção para a existência de trechos do parque, significativamente férteis e, provavelmente, responsáveis pelos serviços ambientais ainda existentes no local.

Essas áreas podem ser identificadas visualmente, por seus atributos paisagísticos. Outras, objeto de intervenções recentes que impediram seu reconhecimento, foram percebidas por meio de levantamentos históricos e análises de carbono isotópico 13.

Outro atributo paisagístico significativo do Parque Américo Renê Giannetti é a preservação de árvores antigas em seu perímetro. Tais exemplares parecem se destacar no desempenho no sequestro de carbono e impactar positivamente os serviços ambientais nas áreas em que se encontram, desde que em um meio semelhante ao da área de referência: com atributos florestais.

6.4 Diretrizes paisagísticas gerais

Assim, pela análise conjunta das áreas é possível se estabelecer um conjunto de diretrizes paisagísticas orientadas para a melhoria dos serviços ecossistêmicos prestados em trechos de floresta urbana.

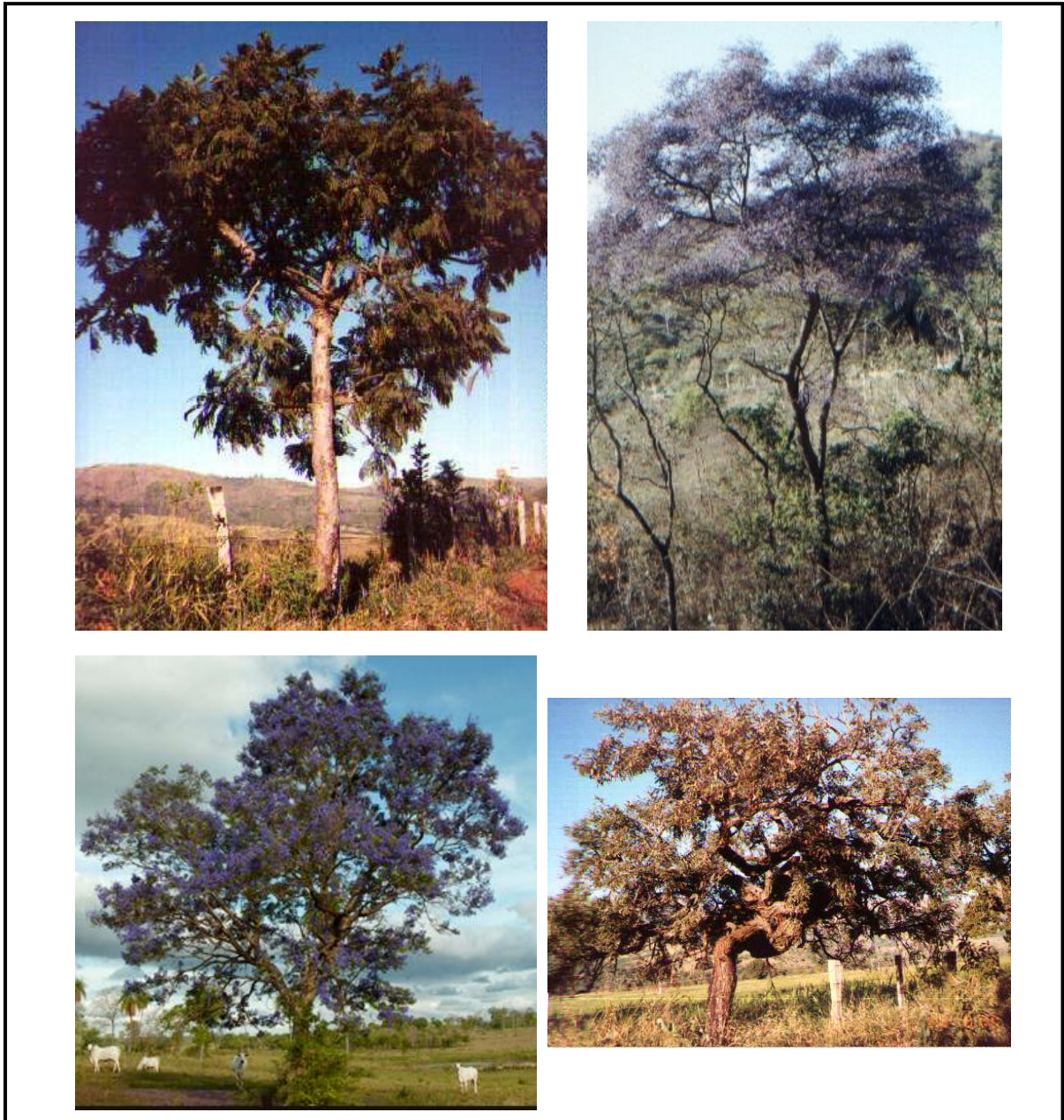
Áreas sob os mais diversos tipos de impacto poderiam ser orientadas para um funcionamento de tendências sintrópicas pela adoção de medidas de

manejo que viabilizem a introdução ou melhoria do fluxo vertical de energia. Dentre as possibilidades, ressaltam-se as seguintes intervenções, que, sempre que possível, devem ser implementadas e, de forma geral, seriam premissas para qualquer projeto de melhoria ou introdução de serviços ecossistêmicos urbanos:

- o acréscimo de árvores;
- a preservação de árvores mais antigas, evitando ao máximo a supressão de exemplares;
- a formação de camada de serrapilheira, sob as árvores (condição *si ne qua non* para a introdução plena do ciclo de carbono e do paralelo de nutrientes nessas áreas);
- a introdução de plantas da família das leguminosas, procurando evitar a utilização de adubos químicos (medida importante para a melhoria da fertilidade dos trechos de floresta urbana).

De acordo com Dias *et al.* (2008) e Lorenzi (2009), dentre as espécies de leguminosas aptas para a melhoria da fertilidade em áreas sob intervenção, pode-se citar como exemplos :barbatimão, falso barbatimão, faveiro, ingá, banha de galinha, baru, caviúna do cerrado, jacarandá do cerrado, jatobá do cerrado, sucupira preta, jurema, dentre outras. A figura 57 apresenta foto de quatro exemplares. Em sentido horário, falso barbatimão, sucupira preta, caviúna do cerrado e jacarandá do cerrado.

Figura 57 – Exemplo de árvores leguminosas: falso barbatimão, sucupira preta, caviúna do cerrado e jacarandá do cerrado (em sentido horário)



Fonte: MELO, 2003.

Além disso, outras diretrizes paisagísticas podem ser aferidas pela análise das tipologias de floresta urbana estudadas, considerando em conjunto os estudos da paisagem e de morfologia urbana realizados.

6.5 Diretrizes paisagísticas relacionadas às séries representativas dos trechos de floresta urbana estudados

Nesse sentido, unidades de faixas de hiato urbano devem ser preservadas ao longo do território. Potencialmente abrigam trechos de floresta

urbana significativos e, quando não, podem ser objeto de intervenções paisagísticas para aumento do estrato arbóreo nas machas urbanas (SIMÃO, 2012).

As superfícies suaves em unidades de faixas de hiato urbano internas devem ser preservadas ou, se viável, expandidas e qualificadas, com tratamento paisagístico direcionado para a melhoria do fluxo de energia e matéria. Deve-se priorizar o aumento do estrato arbóreo, maximizando a prestação de serviços ecossistêmicos urbanos, com destaque ao de drenagem natural. Configura-se assim a floresta urbana incidente sobre essa forma urbana como estratégico elemento de mitigação dos impactos decorrentes do processo de urbanização e melhoria da qualidade de vida nas cidades.

No tombamento – ou ato correlato – de sítios históricos, ou conjuntos urbanos, estender especificadamente a amplitude da proteção às superfícies suaves, bem como à floresta urbana existente. Ressaltem-se as situações em que o trecho de floresta urbana a ser protegido seja composto por estrato arbóreo representante da camada vegetação original do sítio.

Deve-se também procurar preservar e ampliar, sempre que possível, as superfícies suaves ao longo dos tecidos urbanos.

Já, como estratégia para preservação dos estratos arbóreos, associar, sempre que possível a implantação ou o aumento da floresta urbana às formas complexas mais estáveis no tempo e menos suscetíveis às dinâmicas do uso do solo: plano urbano e tecido urbano.

Em relação à concepção de projetos voltados para a melhoria ou introdução de serviços ecossistêmicos, adotar como referência um modelo florestal. Tais áreas abrigam os atributos necessários para a implantação do ciclo biológico de carbono e paralelo de nutrientes.

Projetos paisagísticos devem ter como premissa inicial a preservação e recuperação estratos da camada vegetação original. Tais áreas podem ter preservadas dinâmicas de ecossistemas terrestres de difícil implantação, em manchas urbanas. Como exemplo cita-se a ocorrência de sucessão vegetal no Parque Municipal das Mangabeiras. De acordo com Lorenzi (2009), áreas cobertas com solo e sem vegetação podem ser transformadas em florestas, pelo processo

natural da sucessão secundária. Contudo, além de demandar entre 30 a 60 anos, necessita-se ainda a existência de outras florestas próximas como fonte de sementes.

Quando houver a impossibilidade de implantação de sucessão vegetal na área, propor um conjunto arbóreo que se aproxime dessa dinâmica, com árvores de porte variado e distribuição e espaçamento decorrente da função exercida por cada planta. As espécies vegetais seriam escolhidas a partir de um levantamento florístico em uma área preservada próxima à região, as quais seriam distribuídas conforme o serviço ecossistêmico desejado, para mitigar os impactos existentes no meio estudado. Algumas espécies propiciam a infiltração de água e a manutenção do lençol freático, outras, como as leguminosas são ricas em nitrogênio aumentando a produtividade (fertilidade) da área e outras, com a floração, propiciam a qualificação estética.

Assim devem ser preservados todos os indivíduos arbóreos, inclusive os exógenos, desde que sua existência, não venha a comprometer a de outros, cuja funcionalidade ambiental seja mais significativa. Ex.: espécies competidoras com as existentes em uma área de recarga de aquífero.

Sempre que possível, estabelecer, nas intervenções, uma proporção maior de espécies arbóreas em relação às arbustivas. Aumenta-se a produção de ácidos húmicos, propiciando mais os serviços de drenagem, controle de erosão, fertilidade, isolamento de poluentes. Propiciam a ligação de um trecho de floresta urbana com o as bacias existentes, potencializando a drenagem urbana.

Contudo, para a garantia desses serviços, a implantação de novas árvores, deve, sempre que possível, se dar com a observância das **diretrizes paisagística gerais**, contidas no item 6.4.

Utilizar com cautela o uso de forrações. As gramíneas tendem a interromper o fluxo de carbono e a compactar o solo sobre os quais incidem, impedindo a drenagem natural dos terrenos.

Desse comportamento, depreende-se a necessidade de se evitar, em projetos paisagísticos, modelos compostos unicamente por tipologias próximas às das praças ajardinadas (FIGURAS 52 e 54), no qual se observa a tendência de

implantação de extensas áreas gramadas. Recomenda-se assim, em áreas com essa característica, a supressão gradual de camadas de grama, permitindo a formação de serrapilheira junto às árvores existentes, com o aproveitamento das folhas e detritos lenhosos. Contudo a manutenção de um contingente de áreas gramadas também deve ser considerado. Poderiam compor, preferencialmente, os locais de estar da população, propiciando atividades de lazer, cultura, educação e repouso, também considerados serviços ecossistêmicos urbanos.

Já trechos de floresta urbana com tratamento paisagístico heterogêneo – áreas gramadas e áreas próximas à tipologia florestal – devem ser entendidas como um sistema, cujo grau de funcionalidade ambiental é composto pelo desempenho da cada área e da interação entre elas. Intervenções em áreas mais complexas demandam então um diagnóstico mais detalhado do grau de implantação de serviços ecossistêmicos urbano no local, a fim de nortear as modificações necessárias.

Em intervenções, nesse tipo de floresta urbana, sugere-se priorizar:

- 1) áreas com concepção paisagística semelhante a de estratos florestais, a fim de melhorar seu desempenho na prestação de serviços ecossistêmicos urbanos;
- 2) áreas com estratos arbóreos significativos sobre áreas gramadas. A supressão da grama e introdução de serrapilheira viabilizaria a implantação completa do ciclo de carbono e o paralelo de nutrientes, melhorando o desempenho ambiental do trecho;
- 3) áreas gramadas, mas que já tenham sido objeto de plantio de árvores ou que apresentem concentrações, no solo, de carbono mais qualificado. Tratam-se de concentrações de carbono oriundos de detritos lenhosos, representados pelas concentrações de ácidos húmicos, em áreas que apresentem valores mais negativos de carbono isotópico $\delta^{13}C$. Seriam áreas mais férteis e propícias à prestação de serviços ecossistêmicos urbanos.

Em caso de supressão de árvores, reintroduzi-las o mais rápido possível. Nesse caso, priorizar o replantio nos locais onde foram suprimidas exemplares. Há a

possibilidade de ainda existirem detritos lenhosos referentes aos indivíduos arbóreos retirados. Esses detritos configuram fonte qualificada de carbono, nutrientes que poderão ser utilizados para o desenvolvimento dos espécimes reintroduzidos.

Assim para a instrumentalização de projetos de melhoria ou introdução de serviços ecossistêmicos em trechos de floresta urbana, sugere-se o levantamento do histórico da área, simultaneamente a análises de solo. A conjunção desses dois procedimentos pode revelar atributos não perceptíveis visualmente, identificando áreas mais aptas para a introdução ou melhoria de serviços ambientais.

Por fim, em áreas cujos impactos ambientais tenham sido muito severos, rompendo limiares abióticos, podem ser reorientadas para um novo padrão de funcionamento, com base em uma área de referência. É possível modificar a prestação de serviços ambientais de uma área, levando-se em conta o que se deseja que ela venha a ser, por meio de projetos balizados por indicadores apropriados.

6.6 Diretrizes para o monitoramento da prestação de serviços ecossistêmicos urbanos

Observa-se, entretanto, que, para a verificação da eficácia das intervenções paisagísticas propostas, é necessário o estabelecimento de metas objetivas de recuperação ambiental. Seu traçado deve se dar após a ratificação de uma área de referência.

Ressalte-se que o monitoramento das intervenções é condição para o êxito das medidas acima apontadas e pode ocorrer por meio da utilização de indicadores qualitativos como as concentrações de ácidos húmicos e fúlvicos, o percentual de carbono no solo, a razão C:N, dentre os demais apontados pela análise do gráfico 13 (p. 123). Configuram-se como indicadores capazes de informar de forma precisa a funcionalidade dos serviços ecossistêmicos, bem como instrumentalizar o traçado das metas de comportamento necessárias.

Dentre eles, conforme observado, na página 125, os melhores indicadores qualitativos seriam:

- Percentual de Carbono no solo – %C

- Percentual de Nitrogênio no solo – %N
- Carbono em ácido húmico – Cha
- Razão C/N
- Percentual de carbono isotópico 13 – $\delta^{13}\text{C}$

Por meio da aferição desses índices, em trechos de floresta urbana, é possível entender o grau de implantação do fluxo vertical de energia e matéria nessas áreas, bem como a propensão da área para a prestação de serviços ecossistêmicos urbanos. Com base neles, podem ser traçadas metas objetivas de recuperação ambiental, para o monitoramento da eficácia de intervenções paisagísticas, como as supracitadas.

Conforme o capítulo anterior, esses indicadores são significativamente imbricados com as modificações apresentadas no item 6.4. Todas elas demonstram-se capazes de direcionar trechos de floresta urbana a desempenhos ambientais satisfatórios, que, espelhados nas metas traçadas, podem acarretar melhorias na prestação de serviços ambientais e orientar trechos de floresta urbana para um funcionamento com tendências sintrópicas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentado mostrou-se apto a produzir conhecimento científico para a análise dos serviços ecossistêmicos prestados por certas conformações paisagísticas ao longo das florestas urbanas. Traz o entendimento sobre o fluxo vertical de energia e matéria, instrumentalizando a melhoria ou introdução dessas funcionalidades, no padrão estrutural da paisagem urbana. Atribui-se, nesse processo, a percepção da floresta urbana, como infraestrutura verde, de caráter multifuncional, instrumento para a melhoria da qualidade de vida, nos aglomerados urbanos. Contribui para a proposição de um design paisagístico alinhado com o paradigma da sustentabilidade.

Tal alinhamento pode ser subsidiado pelo enlace interdisciplinar entre os referenciais teóricos relacionados a estudos da paisagem – em especial a Escola Inglesa de Morfologia Urbana e a Escola da Ecologia da Paisagem – e à recente Escola da Ecologia da Restauração. Todas, conjugadas, propiciam uma abordagem integral sobre o processo de formação da floresta urbana. Permite seu entendimento como produto de diferentes relações entre o sistema natural pré-existente e o sistema antrópico, espelhadas no grau de implantação dos ciclos biológico de carbono e paralelo de nutrientes.

Assim verifica-se que o referencial teórico cruzado, com apoio de ferramentas de SIG e levantamentos de campo, instrumentalizou o entendimento das características do sítio anterior à ocupação de Belo Horizonte e do processo de implantação do sistema antrópico na área. Por essa abordagem, a área incidente sobre a Administração Regional Centro Sul, demonstra-se propícia para a seleção de trechos de floresta urbana, com diferenças e contrastes no grau de implantação de serviços ambientais.

Os aspectos geomorfológicos da área, atinentes ao detalhamento das grandes unidades de relevo – Depressão de Belo Horizonte e Serras do Quadrilátero Ferrífero – apontam para o contraste das fisionomias topográficas existentes entre elas, sendo a primeira dotada de grau de variabilidade significativamente menor do que a segunda. Essas unidades podem ser subdivididas em compartimentos de relevo, com especificidades relacionadas a três linhas de fixação originárias do

sistema natural: o Ribeirão Arrudas, incidente sobre o compartimento de relevo Várzea do Arrudas; a falha de empurrão entre as grandes unidades de relevo – Depressão de Belo Horizonte e Serras do Quadrilátero Ferrífero – e as falhas de empurrão, nas cotas mais altas do compartimento de relevo Cristas da Zona Sul.

Coerentemente, as formações vegetais que teriam sido incidentes sobre esses compartimentos de relevo, antes da implantação do sistema antrópico, apresentam grau de complexidade e variabilidade condizente com a geomorfologia da área. A paisagem teria sido composta por predominância de espécies de cerrado, nas cotas mais baixas, e de mata atlântica, nas mais altas. Embora, todas, imbricadas em um arranjo complexo, com vegetação densa e predominância de formações florestais.

Mas, no estudo dos processos morfológicos relacionados à implantação do sistema antrópico na área, observa-se que o plano urbano proposto por Aarão Reis, ao ser concebido e implantado, apresentou diferenças, na escala dos tecidos urbanos, condicionadas pelo sistema natural. Na área interna à Avenida do Contorno – antiga zona urbana –, verifica-se apenas um padrão predominante de parcelamento do solo, de traçado ortogonal, caracterizado pela ignorância das especificidades do sítio. Na área externa à Avenida do Contorno – antiga zona suburbana –, os atributos do sítio – em especial as variações geomorfológicas – teriam configurado maior diversidade de tecidos urbanos. Na primeira, as características do sistema natural foram suplantadas mais facilmente, ou mesmo apagadas; enquanto, na outra, impuseram-se como condicionantes mais graves, sem necessariamente refletir em um desenho urbano qualificado.

Assim, na Administração Regional Centro Sul, pela conjunção dos aspectos geomorfológicos do sítio, da camada vegetação pré-existente e da implantação do sistema antrópico sobre a área, apresentam-se os seguintes trechos de floresta urbana contrastantes, aptos a serem analisados em relação ao desempenho no sequestro de carbono.

Como **área de referência**, ao longo da linha de fixação da falha de empurrão confrontante com as Cristas da Zona Sul, indica-se a unidade de faixa de hiato urbano – *fringe belt* – externo Parque Municipal das Mangabeiras.

Como modelo de maior contraste para comparação com o Parque Municipal das Mangabeiras, aponta-se uma área dentro do compartimento de relevo Várzea do Arrudas: a Praça Raul Soares. O compartimento abrigou significativo estrato de vegetação dos tipos cerrado e mata ciliar. Contudo as superfícies suaves da praça aparentam significativa supressão da camada vegetação e apagamento dos serviços ambientais anteriormente prestados pelo sítio.

Já, como modelo intermediário de comparação entre as duas áreas, adota-se, no mesmo compartimento de relevo da Praça Raul Soares e ao longo da linha de fixação do Ribeirão Arrudas, a unidade e faixa de hiato urbano – *fringe belt* – interno Parque Municipal Américo Renê Giannetti. O parque destacou-se no estudo por ser uma das poucas áreas no tecido urbano interno à avenida contorno, cujo sistema antrópico buscou certa adequação às características do compartimento de relevo em que se encontra, além de oferecer superfícies suaves com tratamentos paisagísticos heterogêneos.

Verifica-se que o processo de implantação do sistema antrópico no Parque Municipal das Mangabeiras oferece indícios de estabilidade e resiliência ambiental, características de uma área de referência apta para estudos de recuperação ecológica. A relação da área com as formas complexas da morfologia urbana – plano urbano, tecido urbano e uso do solo – propiciou, na paisagem de Belo Horizonte, a manutenção de estratos da camada vegetação original. Antes uma área de mineração, a concepção paisagística do parque, por Burle Marx, absorve a componente ecológica e as relações ecossistêmicas como condicionantes do projeto. Estabelece usos e uma relação entre superfícies rígidas, suaves e de água, propícios para a preservação e recuperação da vegetação existente.

Já a Praça Raul Soares, configura trecho de floresta urbana com indícios de degradação ambiental. A concepção paisagística, associada a outras intervenções realizadas no local, não favorece o fluxo vertical de energia e matéria, bem como a instalação dos serviços ecossistêmicos correlatos. Embora a forma urbana da praça, associada ao tecido urbano, tenha contribuído para a permanência das superfícies suaves, o mesmo não pode ser dito do estrato arbóreo incidente sobre a área. A supressão da camada vegetação original, bem como de porção significativa de árvores introduzidas ao longo dos anos, indicam um quadro de

degradação ambiental. Por sua vez, a concepção paisagística não se demonstra propícia para mitigar os danos acumulados. O modelo neoclássico, com vegetação exótica, introduzida por questões estéticas, contrapõe-se à do Parque Municipal das Mangabeiras, originária da observação dos condicionantes ecológicos. Permite o questionamento sobre a funcionalidade ambiental de praças ajardinadas e se esse tratamento paisagístico viabiliza a estabilidade biológica em trechos de floresta urbana.

Já o Parque Municipal Américo Renê Giannetti, apresenta-se como uma área de atributos complexos, que demandam estudo sistêmico e aprofundado. A percepção da tendência de comportamento da área demanda percepção do grau de implantação de funcionalidades ambientais, em seus diversos habitats e da interação entre eles. É uma área mista, com tratamento paisagístico que abriga áreas com atributos semelhantes ao do Parque Municipal das Mangabeiras e ao da Praça Raul Soares. Além disso, ao longo dos anos, apresentou significativa variação de suas superfícies rígidas, suaves e de água. Nesse processo, características originais do sítio foram apagadas, ultrapassando limiares abióticos, mas ao mesmo tempo, a área foi intensamente arborizada, sobretudo a partir da década de 1980. Enquanto os corpos d'água foram remanejados e canalizados, bem como seus terrenos, drenados; o lençol freático no local permanece superficial, efeito, provavelmente, do significativo estrato arbóreo – mais de 5.000 exemplares.

Percebe-se a necessidade de se traçar indicadores de qualidade de serviços ambientais, a fim de possibilitar análises objetivas do grau de implantação de serviços ecossistêmicos urbanos, além de subsidiar a melhoria ou a introdução dessas funcionalidades, em trechos de floresta urbana. Para tanto os estudos devem se iniciar por meio da comparação entre as áreas pesquisadas e da correlação entre variáveis que espelhem o desempenho de cada trecho.

Dentre as variáveis qualitativas estudadas, as que se apresentam mais relacionadas com a implantação do ciclo biológico de carbono e paralelo de nutrientes foram: o percentual de carbono no solo (%C), o carbono sequestrado em ácidos húmicos (Cah) e o percentual de nitrogênio no solo (%N) – positivamente correlacionadas ao sequestro de carbono –, e o carbono isotópico 13 ($d^{13}C$), juntamente, com a razão carbono:nitrogênio (C/N) - negativamente correlacionadas.

Pelas análises o Parque Municipal das Mangabeiras ratificou-se como área de referência, com os maiores valores das variáveis %N, Cah, %C e os menores valores das variáveis $d^{13}C$ e C/N. A Praça Raul Soares, contrastando com o Parque Municipal das Mangabeiras, apresentou os maiores valores das variáveis $d^{13}C$ e C/N, indício da ineficácia na prestação de serviços ambientais. Já o Parque Municipal Américo Renê Giannetti, com características afins às duas áreas, se posiciona intermediariamente, mas com comportamento ainda próximo ao da Praça Raul Soares. Isso se deveria à influência das áreas gramadas do parque e o uso de adubação química. Mas a quantidade de matéria húmica existente (Cah) e a arborização intensa realizada no parque ao longo dos anos, ofertam indícios de uma tendência de comportamento em direção ao da área de referência.

Com base nas análises apresentadas até então verifica-se que o estudo possibilitou o cumprimento de dois dos três objetivos propostos: estudar comparativamente a eficiência do sequestro de carbono na biomassa florestal e no solo em diferentes tipos de floresta urbana em Belo Horizonte; bem como fornecer indicadores de qualidade de serviços ambientais relacionados ao sequestro de carbono, com base em modelos contrastantes de floresta urbana em Belo Horizonte.

A análise comparativa realizada, somada às informações referentes ao processo de configuração da paisagem em cada trecho de floresta urbana estudado, possibilitou o alcance do terceiro objetivo: subsidiar a proposição de diretrizes paisagísticas baseadas no provimento de serviços ecossistêmicos relacionados ao sequestro de carbono.

Como **diretrizes paisagísticas gerais**, imbricadas com as variáveis estudadas e capazes de orientar trechos de floresta urbana a um funcionamento com tendências sintrópicas, seguem-se: o acréscimo de árvores; a preservação de árvores antigas, evitando-se ao máximo a supressão das existentes; a formação de camada de serrapilheira (condição estrita para a introdução do ciclo biológico de carbono e paralelo de nutrientes) e a introdução de plantas da família das leguminosas, evitando a adubação química (diretriz relacionada com a fertilidade das áreas).

Como **diretrizes decorrentes da observação dos atributos paisagísticos** de cada área, destacam-se:

- preservar unidades de faixas de hiato urbano – *fringe belts* ao longo do território;
- a associar a proposição de trechos de floresta urbana ou inserção de vegetação às formas urbanas complexas mais estáveis, o plano urbano e o tecido urbano;
- expandir e qualificar as superfícies suaves, ao longo dos tecidos urbanos, com tratamento paisagístico direcionado para a melhoria dos serviços ecossistêmicos prestados;
- priorizar a preservação e recuperação de estratos da camada vegetação original e das relações do ecossistema em que estão inseridos;
- a funcionalidade ambiental desejada para a área deve balizar a seleção e a implantação da arborização e demais formas de vegetação;
- em intervenções paisagísticas, priorizar a implantação de espécies arbóreas a arbustivas, bem como utilizar com cautela o uso de forrações;
- para eficácia na prestação de serviços ecossistêmicos urbanos, a inserção de novas árvores deve observar **as diretrizes paisagísticas gerais**, em especial medidas que possibilitem a formação de camada de serrapilheira perene;
- em áreas com tratamento paisagístico heterogêneo, intervenções devem ser precedidas de diagnóstico relativo ao grau de implantação das funcionalidades ambientais na área. A área deve ser entendida como um sistema composto por vários habitats;
- nesse tipo de intervenção, priorizar áreas com concepção paisagística semelhante à de estratos florestais, depois áreas com concentração significativa de árvores sobre gramados e, em sequência, áreas que já foram objeto do plantio de árvores;

- evitar a supressão de árvores, mas quando ocorrido, reinseri-la o mais rápido possível, preferencialmente no mesmo lugar.

Para a efetividade das diretrizes sugeridas, com base nos indicadores estudados, propõem-se também **diretrizes para o monitoramento da prestação** de serviços ecossistêmicos urbanos em trechos de floresta urbana.

Deve-se assim estabelecer metas objetivas de recuperação ambiental, baseadas em uma área de referência adotada.

As metas, por sua vez, devem ser balizadas por indicadores capazes de informar o grau de implantação dos serviços ambientais nas áreas de intervenção. Sugere-se que sejam traçadas por meio dos seguintes indicadores qualitativos: percentual de carbono no solo, percentual de nitrogênio no solo, carbono em ácido húmico, razão C:N e percentual de carbono isotópico ¹³, todos já recomendados pelo estudo como as melhores variáveis para aferição de serviços ecossistêmicos, imbricadas com as **diretrizes paisagísticas gerais**.

Com base no exposto a presente dissertação contribui para a pesquisa interdisciplinar, propiciando a cooperação entre campos de estudos afetos ao urbanismo e às ciências biológicas.

Isso foi possível pela cooperação entre os preceitos e métodos apontados, principalmente pelas Escolas de Morfologia Urbana Inglesa, Ecologia da Restauração e da Ecologia da Paisagem (sem deixar de levar em consideração as significativas contribuições de autores como McHarg e Delpoux). A abordagem clarificou formas de investigação do grau de implantação de serviços ecossistêmicos urbanos em trechos de floresta urbana.

Permite também o traçado e o monitoramento de intervenções paisagísticas voltadas para a melhoria do desempenho ambiental de tais trechos. Uma tentativa de se esboçar diretrizes paisagísticas orientadas para a funcionalidade ambiental da floresta urbana e não decorrentes de uma abordagem unicamente estética de tratamento dos espaços livres. Por essa concepção, a vegetação, em especial a arbórea, entra como agente ativo e recurso estratégico, capaz melhorar a qualidade ambiental no meio urbano, mitigar impactos decorrentes

do processo de urbanização e contribuir para a proposição de uma forma urbana alinhada ao paradigma da sustentabilidade.

Evidenciam-se os ganhos ambientais oriundos de tais procedimentos, bem como os prejuízos relacionados à supressão de áreas vegetadas. Podem então ser agrupadas informações passíveis de serem absorvidas pelo marco legal, subsidiando programas, planos e projetos de governo e, possivelmente, propiciando maior proteção das florestas urbanas existentes nos sistemas de espaços livres ou mesmo sua expansão.

REFERÊNCIAS

- ADANI, F.; GENEVINI, P.; TAMBONE, F. Compost effect on soil humic acid: a mmr study. **Chemosphere**, v. 65, p. 1414-1418, 2006. Disponível em <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16698065>>. Acesso em: 24 set. 2014.
- ADANI, F.; SPAGNOL, M.; Biochemical origin and refractory properties of humic acid extracted from maize plants: the contribution of lignin. **Biogeochemistry**, v. 82, p. 55-85, 2006. Disponível em: <<http://cabdirect.org/abstracts/20073051208.html;jsessionid=6A3D8EF3C328789DF68676EF2E4F6AD9>>. Acesso em: 17 out. 2014.
- ALVES, B. J. R. *et al.* Emprego de isótopos estáveis para o estudo do carbono e do nitrogênio no sistema solo-planta. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Orgs.). **Processos biológicos no sistema solo-planta**: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa, 2005. p. 343-367.
- ALVEY, A. A. Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. **Urban forestry & Urban Greening**, v. 5, p. 195-200, 2006. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com.ez27.periodicos.capes.gov.br/S1618866706000732/1-s2.0S1618866706000732-main.pdf?_tid=a7255664-4002-11e4-8b4a-00000aacb362&acdnat=1411134266_68cbf9b59f3a6cee1815fdb81471ffe3>. Acesso em: 19 set. 2014.
- ARAÚJO FILHO, J. C. **Floresta estacional semidecidual**. 2014. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7l02wx7ha087apz2x2zjco4.html>. Acesso em: 10 dez. 2014.
- AREVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. Disponível em: <http://www.reciclecarbono.com.br/biblio/metod_embrapa.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2014.
- ASSIS, E. S.; FROTA, A. B. Urban bioclimatic design strategies for a tropical city. **Atmospheric Environment**, v. 33, p. 4135-4142, 1999. Disponível em: <<http://www.sciencedirect-com.ez27.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S135223109901557>>. Acesso em: 25 abr. 2014.
- BALÉE, W. Cultura na vegetação da Amazônia brasileira. In: NEVES, W. (Org.) **Biologia e ecologia humana na Amazônia**: avaliação e perspectivas e ecologia humana na Amazônia. Belém: Sociologias, 1989. p. 95-109.
- BARRETO, A. **Belo Horizonte**: memória histórica e descritiva. História Média. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 1995.
- BELO HORIZONTE. **Lei nº 10.231, de 20 de julho de 2011**. Dispõe sobre a circunscrição das Regiões Administrativas do Município. Disponível em: <<http://www.cmbh.mg.gov.br/leis/legislacao/pesquisa>>. Acesso em: 27 jan. 2015.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo**: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2003. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/337076/1/comtec162003extracao.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2014.

BONAM, G. **Ecological climatology**: concepts and applications. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

BROWN, L. **Eco-Economia**. EPI - Earth Policy Institute / UMA – Universidade Livre da Mata Atlântica, 2003. Disponível em: <http://www.ethos.org.br/_Uniethos/Documents/livro.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2011.

CAMARERO, J. J.; FORTIN, M. J. Detección cuantitativa de fronteras ecológicas y ecotonos. **Ecosistemas revista científica de ecología y medio ambiente**, v. 15, p. 76-87, 2006. Disponível em: <<http://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/164>>. Acesso em: 26 jan. 2015.

CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; SANTOS, G. A. Modelos estruturais de substâncias húmicas. In: CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. (Orgs.) **Humosfera**: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes: L. P. Canellas, G. A. Santos, 2005. p. 34-53. Disponível em: <http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/LSOL_2727_1154716116.pdf>. Acesso em: 1 out. 2014.

CARVALHO, E. T. **Geologia urbana para todos**: uma visão sobre Belo Horizonte. Belo Horizonte: Universidade Federal de Belo Horizonte, 2001.

CASTRIOTA, L. B. **Patrimônio cultural**: conceitos, políticas, instrumentos, Belo Horizonte: IEDS, 2009.

COLORADO PLATEAU STABLE ISOTOPE LABORATORY. **Isotopes**. 2014. Disponível em: <<http://www.isotope.nau.edu/isotope.html>>. Acesso em: 27 set. 2014.

COMPANHIA VALE DO RIO DOCE. **Parque municipal**: crônica de um século. Belo Horizonte: Companhia Vale do Rio Doce, 1992.

CONZEN, M. P. The study of urban form in the united states. **Urban Morphology**: Journal of the International Seminar on Urban Form. Birmingham, v. 5, p. 3-14, 2001.

CONZEN, M. R. G. **As paisagens urbanas históricas na Inglaterra**: um problema de geografia aplicada. The urban landscape: historical development and management. Papers by M. R. Conzen. 1966.

CONZEN, M. R. G.; CONZEN, M. P. **Thinking about urban form: papers on Urban Morphology, 1932-1998**. Bern: Peter Lang Publishing, European Academic Publishers, 2004.

DELPOUX, M. **Ecosistema e paisagem in série: métodos em questão**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1974.

DIAS, P. F. *et al.* Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de Digitaria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p.1015-1021, 2008.

DRAMSTAD, W. *et al.* **Landscape ecology: principles in landscape architecture and land-use planning**. Boston: Island Press, 1996.

ESRI. **Imagem aérea do Parque Municipal das Mangabeiras**. 2014. Disponível em: <https://accounts.esri.com/?redirect_uri=https%3A%2F%2Fesaml.esri.com%2FJive%2FECAS%2FSSOService>. Acesso em: 12 out. 2014.

FARAH, I. Arquitetura paisagística no período entre 1976 e 1985. In: FARAH, I.; SCHLEE, M. B.; TARDIN, R. (Orgs.). **Arquitetura paisagística contemporânea no Brasil**. São Paulo: Editora Senac, 2010. p. 77-117.

FERREIRA, M. G. **O sítio e a formação da paisagem urbana: um estudo do município de Belo Horizonte**. 1997. 183 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998.

FONTES, H. R.; MARTINS, C. R. **Cobertura do solo com leguminosas**. Brasília: Embrapa, 2010. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/coco/arvore/CONT000giw2fhpe02wx5ok05vadr1uqlg1ps.html>>. Acesso em: 13 jan. 2015.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986.

FRISCHENBRUDER, M. T. M.; PELLEGRINO, P. Using greenway to reclaim nature in brazilina cities. **Landscape and urban planning**, v. 76, p. 67-78, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/01692046/76>>. Acesso em: 19 fev. 2014.

FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. **Diagnóstico do conhecimento sobre a biodiversidade no Estado de Minas Gerais: subsídio ao programa BIOTA MINAS**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2009. Disponível em: <<http://www.biodiversitas.org.br/biotaminas/publicacao/biotaminas.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2015.

FUNDAÇÃO DE PARQUES MUNICIPAIS. **História do parque municipal**. 2014. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pldPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=fundacaoparque&tax=15400&lang=pt_BR&pg=5521&taxp=0&>. Acesso em: 27 jan. 2015.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Panorama de Belo Horizonte**: Atlas Histórico. Belo Horizonte: FJP, 1997. (Coleção Centenário).

GILL, S. E. *et al.* Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructures. **Built Environment**, v. 33, p. 115-133, 2007. Disponível em: <http://www.fs.fed.us/ccrc/topics/urban-forests/docs/Gill_Adapting_Cities.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2013.

GOOGLE EARTH. **Imagens de satélite da Praça Raul Soares**. 2014. Acesso em: nov. 2014.

_____. **Imagens de satélite do Parque Municipal Américo Renê Giannetti**. 2015. Acesso em: jan. 2015.

_____. **Imagens de satélite do Parque Municipal das Mangabeiras**. 2014. Acesso em: nov. 2014.

GOWER, S. T. **Patterns and mechanisms of the forest carbon cycle**. Madison: Department of Forest Ecology and Management, 2003.

HARRIS, J. A.; DIGGELEN, R. V. Ecological restoration as a Project for global society. In: ANDEL, J. V.; ARONSON, J. (Orgs.). **Restoration ecology**. Malden: Oxford, 2006. p. 3-15.

HOBBS, R. J. Ecological management and restoration: assessment, setting goals and measuring success. **Ecological Management & Restoration**, v. 4, p. S2-S3, 2003. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1442-8903.2003.tb00001.x/abstract>>. Acesso em: 26 jan. 2015.

_____. Setting effective and realistic restoration goals: key directions for research. **Restoration Ecology**, Hoboken, v. 15, p. 354-357, 2007. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1526-100X.2007.00225.x/abstract>>. Acesso em: 4 nov. 2013.

HOBBS, R. J.; HARRIS, R. J. Restoration Ecology: Repairing the Earth's Ecosystems in the New Millennium. **Restoration Ecology**, v. 9, n. 2, p. 239-246, 2001.

HOBBS, R. J.; NORTON, D. A. Towards a conceptual framework for restoration ecology. **Restoration ecology**, v. 4, p. 93-110, 1996. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1526-100X.1996.tb00112.x/abstract>>. Acesso em: 26 jan. 2015.

HOLLANDER, M.; WOLFE, D. A. **Nonparametric Statistical Methods**. New York: John Wiley & Sons, 1999.

HOPKINS, M. I. W. **Using fringe belts to examine the relationships between urban morphology and urban ecology**. 2003. 280 f. Tese (Doutorado) – School of Geography, Earth and Environmental Sciences, Birmingham University, Birmingham, 2003.

_____. Vegetation as a component of urban form. **Urban Morphology: Journal of the International Seminar on Urban Form**, Birmingham, v. 17, p. 57-59, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de biomas brasileiro**. 2012. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acesso em 13 jun. 2012.

_____. **Mapa temático de vegetação**: folha SE23. 2014. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/vegetacao/>. Acesso em: 12 nov. 2014.

INSTITUTO ESTADUAL DE PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS (IEPHA). **Bens protegidos**. 2014. Disponível em: <http://www.iepha.mg.gov.br/bens-prottegidos/index.php?option=com_controlebens&view=informacao&bemid=426>. Acesso em: 14 dez. 2014.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Good practice guidance for land use, land-use change and forestry**. Hayama: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2003.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

LABORATÓRIO DA PAISAGEM. **Os elementos tipo-morfológicos das bordas metropolitanas de Belo Horizonte**. Belo Horizonte: Núcleo de Pesquisa em Desenho Ambiental – EA/UFMG, 2013. 163 p.(relatório de pesquisa APQ – 02459-99).

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, New York, v. 304, p. 1623-1627, 2004.

LOPES, M. B. *et al.* **A cidade, seus habitantes e a serra: breves notas sobre a história do Parque das Mangabeiras (1960-2010)**, 2011. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/11.130/3798>>. Acesso em: 12 dez. 2014.

LOPES, P. M. O.; SILVA, B. S. G.; VALERIANO, D. M. Modelagem de processos ecossistêmicos em região montanhosa: variabilidade espacial da irradiância. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1347-1351.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009.

LOVELL, S. T.; TAYLOR, J. R. Supplying urban ecosystem services through multifunctional green infrastructure in the united states. **Landscape Ecology in Review**, Illinois, v. 28, p. 1447-1463, 2013.

MACEDO, S. S. *et al.* Considerações preliminares sobre o sistema de espaços livres e a constituição da esfera pública no Brasil. In: ANDRADE, R.; SCHLEE, M. B.; TÂNGARI, V. R. (Orgs.). **Sistema de espaços livres: o cotidiano, apropriações e ausências**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Pós-graduação em Arquitetura, 2009. p. 60-83.

MACEDO, S. S.; SAKATA, F. G. **Parques urbanos no Brasil**. São Paulo: Edusp – Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MACIEL, M. C. **O projeto em arquitetura paisagística: praças e parques públicos em Belo Horizonte**. 1998. 255 f. Tese (doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

McHARG, I. L. **Design with nature**. Garden City: John Niley & Sons, 1992.

_____. Human ecological planning at Pennsylvania. **Landscape Planning**, Amsterdam, v. 8, p. 109-120, 1981.

McNEIL, J; VAVA, C. **Oakville's urban forest: our solution to our pollution**. Oakville, 2006. Disponível em: <<https://www.itreetools.org/resources/reports/Oakville's%20Urban%20Forest.pdf>> Acesso em: 19 set. 2014.

MELO, E. A. **Árvores do cerrado**, 2003. Disponível em: <<http://www.arvores.brasil.nom.br/cerrd/index.htm>>. Acesso em: 22 jan. 2015.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **O mecanismo de desenvolvimento limpo**: guia de orientação. 2009. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0205/205947.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2012.

MOUDON, A. M. V. Urban morphology as an emerging interdisciplinary field. **Journal of the International Seminar on Urban Form**, Birmingham, v. 1. n. 1, 1997. Disponível em: <<http://urbanmorphology.org/pdf/moudon1997.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2014.

MUNDUS CARBO. Soluções Ambientais. Projetos de Carbono. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa do município de Belo Horizonte**: relatório final. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://www.pbh.gov.br/smpl/PUB_P015/Relat%C3%B3rio+Final+Gases+Estufa.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2012.

NOWAK, D. J. Institutionalizing urban forestry as a "biotechnology" to improve environmental quality. **Urban Forestry & Urban Greening**, Syracuse, v. 5, p. 93-100, 2006. Disponível em: <http://www.fs.fed.us/ne/newtown_square/publications/other_publishers/OCR/ne_2006_nowak002.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2012.

NOWAK, D. J.; CRANE, D. E. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. **Environmental Pollution**, Syracuse, v. 116, p. 381-389, 2002. Disponível em: <http://www.fs.fed.us/ccrc/topics/urban-forests/docs/Nowak_urban_C_seq.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2012.

OLIVEIRA, H. T. Transdisciplinaridade. In: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (Org.). **Encontros e caminhos**: formação de educadoras(es) ambientais e coletivos educadores. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria Executiva, Diretoria de Educação Ambiental, 2005. p. 335-344.

PELLEGRINO, P. R. M. **Paisagem e ambiente**: um processo de aproximação no setor oeste da macrometrópole de São Paulo. 1987. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

_____. Pode-se mudar a paisagem? **Paisagem e Ambiente**, São Paulo, p. 158-180, 2000.

PEREIRA COSTA, S. A. **A ação das forças políticas, sociais e econômicas na especulação do tecido urbano**. 1998. Disponível em: <<http://www.anpur.org.br/revista/rbeur/index.php/shcu/article/view/703>>. Acesso em: 9 ago. 2013.

PEREIRA COSTA, S. A.; MACIEL, M. C. Fringe belts in planned cities - do they exist in such context? In: **Sixteenth international seminar on urban form**, 2009, Guangzhou: South China University of Technology, 2009a. p. 53.

PEREIRA COSTA, S. A.; MACIEL, M. C. Fringe belts no município de Belo Horizonte In: ANDRADE, R.; SCHLEE, M. B.; TÂNGARI, V. R. (Orgs.). **Sistema de espaços livres**: o cotidiano, apropriações e ausências. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Pós-graduação em Arquitetura, 2009b. p. 162-181.

PLAMBEL. Planejamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte. **O processo de formação do espaço urbano da RMBH**. Belo Horizonte: PLAMBEL, 1977.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE (PBH). **Parque Municipal das Mangabeiras**. 2014. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=fundacaopa rque&tax=15257&lang=pt_BR&pg=5521&taxp=0&>. Acesso em: 27 jan. 2015.

_____. **Praça Raul Soares, um centro geográfico de valor arquitetônico e cultural**. 2014. Disponível em: <<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/noticia.do?evento=portlet&pAc=not&idConteudo=104504&pIdPlc=&app=salanoticias>>. Acesso em: 27 jan. 2015.

_____. **Regiões Administrativas e Belo Horizonte**. 2014. Disponível em: <http://gestaocompartilhada.pbh.gov.br/mapas-e-estatisticas/mapas-estaticos?term_node_tid_depth=All&area=682&field_formato_tid=All>. Acesso em: 27 jan. 2015.

PRODABEL. Base georeferenciada da Regional Administrativa Centro Sul. **Arquivos do Setor de Atendimento**. Belo Horizonte, dez./2014. 1 CD-ROM.

PULRONIK, K. **Transformações do carbono no solo**. Planaltina: Embrapa cerrados, 2009. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/download/1513/t/>>. Acesso em: 24 set. 2014.

REGO, R. L.; MENEGUETTI, K. S. A respeito de morfologia urbana: tópicos básicos para estudos da forma da cidade, **Acta Scientiarum**, v. 33, p. 123-127, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/file/6196/6196>>. Acesso em: 20 set. 2014.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Tipos de vegetação do bioma cerrado**. 2014. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_23_911200585232.html>. Acesso em: 10 dez. 2014.

RMBH. **Plano metropolitano**: macrozoneamento RMBH. 2014. Disponível em: <<http://www.rmbh.org.br/pt-br/content/rmbh>>. Acesso em: 28 dez. 2014.

ROBBA, F.; MACEDO, S. S. **Praças brasileiras**. São Paulo: Edusp – Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

RONQUIN, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para regiões tropicais**. EMBRAPA, 2010. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/882598>>. Acesso em: 14 set. 2014.

ROSANELI, A. F.; SHACH-PINSKY, D. Forma urbana de que modo? Uma entrevista com Anne Vernez Moudon. **Portal Vitruvius**, v. 10, 2008. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/10.040/3397/pt_BR>. Acesso em: 20 set. 2014.

ROSSI, C. Q. *et al.* Frações húmicas e matéria orgânica no solo cultivado com soja sobre palhada de braquiara e soja. **Solo e nutrição de plantas**, Campinas, v. 70, p. 622-630, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v70n3/a18v70n3.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2014.

SÁ CARNEIRO, A. R. A produção paisagística brasileira no entre 1930 e 1976. In: FARAH, I.; SCHLEE, M. B.; TARDIN, R. (Orgs.). **Arquitetura paisagística contemporânea no Brasil**. São Paulo: Senac, 2010. p. 77-117.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**. Conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

SCHWAB, J. **Planning the urban forest: ecology, economy and community development**. 2009. Disponível em: <http://na.fs.fed.us/urban/planning_uf_apr.pdf>. Acesso em: 19 set. 2014.

SEGAWA, H. Arquitetura paisagística até 1930. In: FARAH, I.; SCHLEE, M. B.; TARDIN, R. (Orgs.). **Arquitetura paisagística contemporânea no Brasil**. São Paulo: Editora Senac, 2010. p. 35-48.

SIAAPM. Disponível em: <http://www.siaapm.cultura.mg.gov.br/modules/grandes_formatos_docs/viewcat.php?cid=107>. Acesso em: 4 ago. 2013.

SIEGAL, S.; CASTELLAN JR., N. J. **Estatística não paramétrica para ciências do comportamento**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

SIMÃO, K. M. C. **Fringe belts como elementos estruturadores da paisagem: o caso de Belo Horizonte/MG**. 2012. 155 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

SPIRN, A. W. **O jardim de granito**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York: John Wiley, 1994.

TREVISAN, S. *et al.* Humic substances biological activity at the plant-soil interface: from environmental aspects to molecular factors. **Plant Signaling & Behavior**, v. 5, p. 635-643, 2010. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3001551/>>. Acesso em: 14 set. 2014.

VIEGAS, A. Complexidade: uma palavra com muitos sentidos. In: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (Org.). **Encontros e caminhos**: formação de educadoras(es) ambientais e coletivos educadores. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria Executiva, Diretoria de Educação Ambiental, 2005. p. 73-91.

WALSH, A. J. **Potential urban forest carbon sequestration and storage capacities in burnside industrial park, nova scotia**. Minneapolis: Dovetail Partners Inc, 2012. Disponível em: <<http://dalspace.library.dal.ca/bitstream/handle/10222/14864/Walsh%2c%20Alison%2c%20MES%2c%20ENVI%2c%20April%202012.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 29 jun. 2013.

WERNER, R. A.; BRAND, W. A. Referencing strategies and techniques in stable isotope ratio analysis. **Rapid Communications In Mass Spectrometry**, v. 15, p. 501-519, 2001.

WHITEHAND, J. W. R. **Morfologia urbana britânica**: a tradição conzeniana, 2013. Disponível em: <<http://pnum.fe.up.pt/files/6113/8425/9510/Whitehand%202013.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2014.

_____. Recent advances in urban morphology. **Urban Studies**. Birmingham, v. 29, p. 619-636, 1992.

WICK, A. F.; INGRAM, L. J.; STAHL, P. D. Aggregate and organic matter dynamics in reclaimed soils as indicated by stable carbon isotopes. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 41, p. 201-209, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071708003131>>. Acesso em: 17 set. 2014.

WU, J. Toward a landscape ecology of cities: beyond building, trees and urban forests. In: CARREIRA, M. M.; GONG, Y.; WU, J. (Orgs.). **Ecology, planning and management of urban forests**: international perspective. Louisville: Springer, 2008. p. 10-28.

ZHIGAO, S.; XIAOJIE, M; XINHUA, L.; LINGLING, W; HONGLI, S.; HUANHUAN, J. Application of stable isotope techniques in studies of carbon and nitrogen biogeochemical cycles of ecosystem. **Chinese geographical Science**, v. 11, p. 129-148, 2011. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11769-011-0453-5>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

GLOSSÁRIO

Abiótico: Meio que, por suas características, não pode abrigar nenhuma forma de vida.

Ácidos fúlvicos: São as substâncias húmicas de maior solubilidade no solo, apresentando, dentre elas, as menores concentrações de carbono. Representam, por isso, a fração menos estável, relacionada à presença de gramíneas na paisagem.

Ácidos húmicos: São substâncias húmicas significativamente mais estáveis do que os ácidos fúlvicos, apresentando concentrações de carbono bem maiores. Pela sua estrutura molecular mais complexa, são mais eficazes na imobilização de carbono, exercendo forte influência nas propriedades físicas do solo: atuam na constituição de grumos e macroporos, que abrem os espaços necessários para tornar a terra fofa e facilitar a entrada de ar e água, propiciando a porosidade e a permeabilidade do solo.

Anfiteatro: Terreno de forma semicircular, cavado pela erosão na encosta de uma montanha, também chamado circo de erosão.

Aptidão sintrópica: (*synthropic-fitness-health*) Estado de um sistema em que o máximo da necessidade de um usuário é atendido pelo ambiente, requerendo o mínimo de intervenção, ou gasto energético, nessa adaptação. O sucesso evolucionário e a saúde das espécies nos ecossistemas, alcançados com mínimo dispêndio de energia e trabalho, são indicadores desse estado.

Área de referência: Área com desempenho ambiental apto para se medir o sucesso de ações de recuperação ecológica. Pode espelhar o funcionamento de um ecossistema antes de ser modificado ou degradado, visando a reinstalação de seus processos essenciais. Mas, quando o nível de degradação de uma área tiver comprometido a capacidade de resiliência, pode-se adotar uma área com função próxima à que se deseja instalar no local (ver transformabilidade).

Área de tensão ecológica: São faixas de transição entre biomas diferentes, em resposta a mudanças nos gradientes ambientais. São delimitadas por fronteiras mais ou menos visíveis, expressas por variações graduais ou

abruptas entre comunidades separadas. Nessas áreas, a possibilidade de troca genética entre as espécies de comunidades vizinhas sugere seu valor como reservatório de diversidade.

Atributo paisagístico: Característica da paisagem relacionada ao desempenho ambiental de determinados trechos de floresta urbana.

Biomassa arbórea: Peso da árvore, constituído pelas suas partes: raízes, tronco, galhos e folhas.

Biomassa arbórea aérea: Peso da árvore, constituído pelas partes existentes acima do solo: tronco, galhos e folhas.

Biomassa viva abaixo do solo: Biomassa constituída pelas raízes, fauna e micro-organismos (bactérias e fungos) existentes no solo. É responsável pelo processo de formação de substâncias húmicas.

Biótico: Aquilo que é característico dos seres vivos ou que está vinculado a estes. Também é aquilo pertencente ou relativo à biota: o conjunto da flora e da fauna numa determinada região.

Camada vegetação: Vegetação existente em um sítio, anterior à intervenção humana.

Capa: Bloco superior, decorrente da ação de uma falha de empurrão.

Carbono isotópico 13: Isótopo estável de carbono encontrado na natureza, cujo valor encontrado indica a procedência do carbono sequestrado pelo solo. Valores de carbono isotópico 13 em torno de -27, indica a presença de carbono oriundo de espécies arbóreas – mais ricas em lignina – e valores em torno de -13, indica procedência da decomposição de gramíneas e palmeiras – menos ricas em lignina.

Ciclo biológico de carbono: Processo de troca de C entre as florestas e a atmosfera expresso pela equação $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2$. Pela fotossíntese, a planta assimila o CO_2 da atmosfera e o converte em carboidratos (CH_2O) para a construção de matéria orgânica. Pela respiração a planta oxida carboidratos e expelle CO_2 para a atmosfera. A diferença entre esses dois processos ao longo do tempo determina a taxa de estoque de C, desde que não removido por distúrbios de alguma ordem. Quanto

maior o estoque de C obtido, maiores os benefícios proporcionados pelo ciclo.

Ciclo paralelo de nutrientes: Ciclo dos nutrientes que são absorvidos pelas plantas durante o crescimento, retornando ao solo na forma de litter e liberado na composição do solo durante a decomposição. Envolve elementos como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, além de outros micronutrientes que são essenciais para o desenvolvimento das plantas. Tais elementos residem nos ecossistemas na biomassa das plantas e na matéria orgânica em decomposição, continuamente reciclados entre o solo e os organismos vivos. A serrapilheira contribui com matéria orgânica e nutrientes para o solo. Esse detrito lentamente se decompõe ao longo do tempo pela atividade das bactérias, fungos, vermes e outros microrganismos. A decomposição de material orgânico mineraliza nutrientes atrelados à matéria orgânica para ser utilizado novamente no crescimento da planta. Se existem condições para a instalação do ciclo paralelo de nutrientes, melhor será o sequestro de carbono no ciclo biológico de carbono.

Colina: Elevação de baixa altitude, de formas arredondadas e fraco declive. O mesmo que lomba.

Compartimentos de relevo: Subdivisão do relevo em função de especificidades geomorfológica.

Comunidade: Totalidade dos organismos vivos que fazem parte de um mesmo ecossistema e interagem entre si.

Consumidores: Organismos incapazes de produzir seu próprio alimento e, por isso, alimentam-se dos produtores ou de outros consumidores.

Crista: Linha de relevo que reúne os pontos de maior altitude.

Decompositores: Organismos que se nutrem de restos de plantas e animais mortos. Compreendem as bactérias e os fungos.

Degradação: Decompor, destruir, perder suas características naturais.

Depleção: Perda de elementos fundamentais para o funcionamento de um organismo.

Ecologia da restauração: Recente organização disciplinar em torno de questões afetas à recuperação de ecossistemas (ou recuperação ecológica).

Ecótono: O mesmo que área de tensão ecológica.

Edáfico: Pertencente ao solo.

Elementos complexos da forma urbana: Divisão tripartite da paisagem urbana: plano urbano, tecido urbano e uso do solo, vinculadas entre si no espaço por meio de um princípio hierárquico. Sobre este vínculo se adéqua o plano urbano e se forma a estrutura morfológica, composta pelo uso do solo e das edificações.

Emissor de carbono: Fonte de emissão de dióxido de carbono para a atmosfera.

Endêmico: Nativo de, restrito a determinada região geográfica.

Enriquecimento: Procedimento de recuperação ambiental utilizado quando ainda não foi rompido o limiar biótico de uma área – permanece a resiliência do ecossistema. Trata-se de se eliminar a causa da degradação e realizar manejo, ou intervenções na paisagem para acelerar o processo de sucessão vegetal.

Entropia: Medida da variação ou desordem em um sistema.

Equação alométrica: Equações utilizadas para simular o crescimento da vegetação. Variam conforme o clima e o tipo de vegetação a ser estudado.

Escarpa: Aclive de terrenos nas bordas de planaltos, serras etc.

Faixas de hiato urbano: (*fringe belt*) Zonas periféricas e sucessivas que contornavam uma urbanização medieval, cristalizando os processos expansivos da cidade, com usos do solo distintos do residencial. Sempre intercalado por áreas predominantemente residenciais, esse fenômeno é também identificado nas cidades contemporâneas, constituindo faixas mais irregulares e menos estruturadas, apresentando menor ordenamento do que o parcelamento que as circundam ou intercalam. Podem ser relacionadas com o processo de estagnação e posterior expansão da dinâmica imobiliária. Conforme a ocorrência desses ciclos é possível classificar as faixas de hiatos urbanos – *fringe belts* – como internos, intermediários e externos.

Falha de empurrão: Configura um dos agentes internos de alteração do relevo, constituída por fraturas na crosta terrestre formadas por forças

compressoras, nas quais o bloco superior, denominado capa, subiu em relação ao inferior, denominado lapa.

Floresta clímax: Tipo de floresta que se encontra em estado de equilíbrio. Não há perdas de energia, pois todos os nutrientes são reciclados e todo o carbono respirado pelas plantas e micro-organismos do solo (na decomposição) é retornado via fotossíntese.

Floresta urbana: Soma de toda a vegetação arbórea e a ela associada, existente em assentamentos urbanos ou a eles circundantes. Tanto oriunda de intervenções paisagísticas, quanto nascida naturalmente, inclui a vegetação ao longo das ruas e nos parques urbanos; em áreas abandonadas ou no interior dos lotes; em manchas florestais remanescentes ou em áreas de reflorestamento.

Floresta-de-galeria: Floresta com dossel fechado: as copas das margens opostas aos corpos d'água se encontram, não permitindo a visualização aérea.

Fluxo vertical de matéria e energia: Relaciona-se com a característica funcional da paisagem, expressa pela instalação do ciclo biológico de carbono e do paralelo de nutrientes. A relação entre energia, ar, vegetação e solo, da qual pode decorrer uma sucessão de serviços ecossistêmicos urbanos, aplicáveis a qualquer estrutura.

Forma da paisagem: De acordo com a Escola da Ecologia da Paisagem, uma das três principais características da paisagem. Refere-se a sua estrutura, composta por manchas, corredores e matrizes vegetadas.

Fração não humificada: O mesmo que fração lábil, biodegradável ou leve. Composta por detritos vegetais e animais ainda pouco decompostos, bem como por compostos orgânicos de categoria definida como açúcares, proteínas ou resinas. Compreende 1/3 do carbono orgânico do solo – COS - com alta taxa de decomposição e baixo tempo de permanência.

Fringe belt: O mesmo que faixa de hiato urbano.

Função da paisagem: De acordo com a Escola da Ecologia da Paisagem, uma das três principais características da paisagem, relacionada com o movimento de energia, matéria e seres vivos.

Funcionalidade ambiental: O mesmo que serviço ecossistêmico.

Hiato urbano: Unidade ou fração de uma faixa de hiato urbano.

Higienismo: Abordagem sobre o espaço urbano decorrente do liberalismo, no início do século XIX. Considerava que a doença e a insalubridade eram fenômenos sócias que abarcavam todos os aspectos da vida humana. Expressou-se por Planos de Melhoramento e Embelezamento, orientados para a necessidade de se manterem condições de salubridade no ambiente da cidade mediante a instalação de infraestrutura de abastecimento de água, esgotamento e energia elétrica, podendo assim conter a proliferação de epidemias.

Humificação: Processo de formação das substâncias húmicas: ácidos fulvicos, ácidos húmicos e humina.

Humina: Composto do carbono sob o solo mais estável e menos reativo. Em tese, é o mais antigo, com maior concentração de carbono e prevalente nos climas tropicais e, provavelmente em ecossistemas florestais mais equilibrados. Juntamente com os ácidos húmicos, é relacionada à presença de árvores e a condições para implantação do ciclo de carbono, prestando importante papel na agregação do solo.

Húmus: O mesmo que matéria humificada. Compreende os três tipos de substâncias húmicas: ácidos fulvicos, ácidos húmicos e humina.

Inaptidão entrópica: (*entropic-misfitness-morbidity*) Estado de um sistema incapaz de achar o ambiente mais adequado ou incapaz de adaptá-lo ou a ele se adaptar. Excessivas patologias e morbidades revelam inaptidão entrópica.

Infraestrutura verde: Uma rede de espaços vegetados, planejados e geridos como um sistema integrado capaz de prover benefícios sinérgicos.

Interdisciplinaridade: O contato entre disciplinas diversas que proporciona que ambas se alterem. Pelo confronto da totalidade das disciplinas cooperantes cada uma se arrisca e se modifica pela outra. Evidencia-se uma prospectiva da totalidade das disciplinas em colaboração.

Isótopos estáveis: Átomos de um mesmo elemento, mas com peso molecular diferente, mas devido ao seu arranjo atômico encontram-se estáveis na natureza.

Lapa: Bloco inferior, decorrente da ação de uma falha de empurrão.

Leguminosa: Planta, arbórea ou arbustiva, cujas sementes crescem em vagens.

Fixam melhor o nitrogênio do ar, introduzindo esse elemento no ecossistema em que estão inseridas, favorecendo o ciclo paralelo de nutrientes e a fertilidade do sítio.

Lenhoso: Se refere ao lenho, à madeira. Tecido vegetal rico em lignina.

Lignina: Substância orgânica, rica em carbono, que impregna as células, as fibras e os vasos do vegetal, tornando-os impermeáveis e inextensíveis. Mais presente em plantas arbóreas, resultando, em ecossistemas florestais, na maior formação de ácidos húmicos e humina e na melhor fixação de carbono no solo.

Limiar abiótico: É o limiar caracterizado pela ausência de resiliência de um ecossistema. Pode resultar em um processo final de desertificação, caso não haja intervenção antrópica. O procedimento de recuperação é denominado reabilitação. Demanda, normalmente, modificação física para se direcionar os sistemas a um novo nível de estabilidade e pode ser associado a melhorias implementadas pelo estabelecimento de uma nova função.

Limiar biótico: Refere-se ao limiar de um ecossistema, do qual ultrapassado, em um processo de degradação, decorrem perdas bióticas. Geralmente, envolve comprometimento irreversível de elos bióticos e de suas respectivas resiliências. Ex.: perda de espécies ou de elos microbianos dos ciclos biogeoquímicos. Nesse quadro, os procedimentos de recuperação são denominados restauração ou enriquecimento.

Limiares ecológicos: Classificados pela Ecologia da Restauração como bióticos ou abióticos, constituem-se como barreiras essenciais para a recuperação de ambientes degradados. Seu estudo e percepção, em áreas sob ação de recuperação ambiental, permite saber quando o sistema ecológico está propenso a se recuperar por meio de seus processos autogênicos ou quando ele necessita de esforços ativos de restauração.

Linha de fixação: Formas lineares na paisagem, relacionadas a alguma fase estacionária, ou de consolidação, da borda urbana, muitas vezes definindo o

surgimento de unidades de faixas de hiato urbano, *fringe belts*. Exemplificadas como muralhas de defesa, rodovias e rios, em essência, constituem barreiras ou linhas indutoras do crescimento urbano.

Linha de fixação originária: Linha de fixação decorrente de algum atributo do sistema natural.

Mata ciliar: Floresta sem dossel fechado: as copas das margens opostas aos corpos d'água não se encontram, permitindo a visualização aérea.

Metas de recuperação: Metas de recuperação ambiental baseadas no comportamento de uma área de referência.

Morfologia urbana: Estudo da relação entre a forma urbana e o espaço, compreendendo os processos de sua formação, no tempo. A morfologia urbana requer uma dimensão temporal, bem como uma dimensão espacial a serem incluídas no estudo da paisagem urbana. Esse estudo da paisagem urbana é melhor alcançado por meio do estudo dos seus componentes, as relações entre eles e como essas relações mudam ao longo do tempo. Permite assim a reconstrução do desenvolvimento histórico das configurações físicas das áreas urbanas.

Multifuncionalidade: Conjunção complexa de serviços ecossistêmicos a serem ofertados no meio urbano, tornado viável a co-transformação das dimensões sociais e ecológicas do espaço, beneficiando tanto o homem, quanto o meio ambiente. A multifuncionalidade amplia o alcance e a repercussão das modificações inseridas nos espaços para além de suas fronteiras, por meio da sinergia entre as ações executadas e os resultados positivos alcançados.

Nitrogênio isotópico 15: Isótopo estável de nitrogênio encontrado na natureza, cujo valor encontrado indica a procedência do carbono sequestrado pelo solo. Valores percentuais de nitrogênio isotópico $15 - ^{15}\text{N}$ – em torno de 7,6 (mediana 7,66), indicam o uso de fertilizantes orgânicos na área para manutenção da vegetação.

Paisagem multifuncional: Paisagem em se encontra uma conjunção complexa de serviços ecossistêmicos a serem ofertados no meio urbano, em sinergia, ofertando benefícios tanto para o homem, quanto para o meio ambiente.

Pee Dee Belemite: Formação geológica da Carolina do Norte – Estados Unidos, cujo valor da razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ é 0,01124. Materiais com razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C} > 0.0112372$ são estipulados com valores de delta positivos e os com razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C} < 0.0112372$, com valores de delta negativos, em estudos de concentração de carbono isotópico 13.

Plano urbano: Um dos elementos complexos da forma urbana. Abriga o tecido urbano e o uso do solo.

Porosidade: Atributo do solo, relacionado com o serviço ecossistêmico de drenagem. Corresponde ao volume do solo não ocupado por partículas sólidas, incluindo todo o espaço poroso ocupado pelo ar e água. Inclui macroporos, responsáveis pela aeração, movimentação de água e penetração de raízes e microporos responsáveis pela retenção de água pelo solo.

Positivismo: Doutrina que surgiu na França no início do Século XIX, cujos principais idealizadores foram Augusto Comte e John Stuart Mill. Propõe que o conhecimento científico é a única forma de conhecimento verdadeiro, sendo que uma teoria é somente correta se ela foi comprovada por meio de métodos científicos. Juntamente com o higienismo, inspirou a concepção do Plano Urbano de Belo Horizonte, idealizado por Aarão Reis.

Praça-jardim: tipo de praça que surgiu com regras e comportamentos, decorrentes do costume de passear e se exibir nos espaços públicos. Seus espaços parecem ser concebidos para o deleite das classes mais privilegiadas, caracterizando-a, por vezes, como um modelo de segregação ou exclusão social.

Produção primária bruta: Total de CO_2 assimilado por toda a vegetação.

Produção primária líquida: Diferença entre a produção primária bruta e a respiração autotrófica. É expressa em matéria orgânica seca ou base de C.

Produtores: Organismos capazes de fabricar seu próprio alimento, como as plantas e as algas. O mesmo que autótrofos.

Reabilitação: Tipo de recuperação ambiental utilizado quando o limiar abiótico de uma área é rompido, perdendo sua capacidade de resiliência. Demanda modificação física para se direcionar os sistemas a um novo nível de

estabilidade e pode ser associado a melhorias implementadas pelo estabelecimento de uma nova função.

Recuperação ecológica: Restabelecimento funcional de um ecossistema. O tipo varia, conforme o grau de comprometimento da área e o limiar ultrapassado (biótico ou abiótico).

Relações dinâmicas: Relação existente entre as formas urbanas complexas sob o ponto de vista morfogenético (histórico e temporal): as taxas de modificação das formas complexas ao longo do tempo, em resposta às diversas demandas funcionais.

Relações estáticas: Relação hierárquica essencialmente espacial entre os componentes da forma urbana: o "plano da cidade" abriga a vegetação e, por meio de seu padrão de parcelamento, constitui a estrutura física que a recebe. O padrão de uso e ocupação do solo, juntamente com suas unidades, abriga o tecido construído.

Resiliência: Aptidão de um determinado sistema em recuperar o equilíbrio, ou voltar ao estado anterior, depois de ter sofrido uma perturbação.

Respiração autotrófica: Processo pelo qual o dióxido de carbono (CO_2) é assimilado pela planta para a construção de novos tecidos – respiração de crescimento – e para reparar e manter os tecidos existentes – respiração de manutenção. Equivale a cerca de 50% do dióxido de carbono assimilado pela vegetação.

Respiração heterotrófica: Emissão de carbono pelos microrganismos presentes no solo durante o processo de decomposição de detritos orgânicos. Juntamente com a respiração autotrófica compreende a respiração total de um ecossistema. No processo de decomposição de detritos orgânicos, são também formadas as substâncias húmicas.

Restauração: O mesmo que enriquecimento.

Revegetação: Reflorestamento. Tipo de recuperação ecológica utilizado quando o ecossistema requer ações como a reintrodução de espécies, sem, entretanto, ser preciso intervir no meio físico. Utilizado quando o limiar biótico foi rompido, mas o abiótico não.

Rocha sedimentar: Rocha constituída de sedimentos, caracterizados por ampla gama de partículas de rocha, lama e matéria orgânica.

Sequência metassedimentar: Sequencia de rochas metamórficas que derivaram de rochas sedimentares iniciais.

Serrapilheira: Camada formada pela deposição e acúmulo de matéria orgânica morta em diferentes estágios de decomposição que reveste a superfície do solo em ecossistemas terrestres. A formação e estabilização dessa camada é condição *si ne qua non* para o eficiente sequestro de carbono na área, instalação do ciclo paralelo de nutrientes, fluxo vertical de energia e matéria e o provimento de serviços ecossistêmicos florestais.

Serviço ambiental: O mesmo que serviço ecossistêmico.

Serviço ecossistêmico: Benefícios ao ser humano decorrentes dos ecossistemas.

Serviços ecossistêmicos florestais: Benefícios ao ser humano decorrentes dos ecossistemas florestais: sequestro de carbono, geração de nutrientes necessários para suporte ao desenvolvimento da vegetação, drenagem, manutenção de aquíferos e corpos d'água, melhoria microclimática, conservação da biodiversidade, produção de alimentos, entre outros. Todos relacionados com o processo de produção de substâncias húmicas pela vegetação.

Serviços ecossistêmicos urbanos: Equivalem aos serviços ecossistêmicos florestais, mas agregam os de natureza recreativa, educativa e estética, relacionados ao potencial de interação cultural desses espaços com as populações urbanas, como o bem estar psicológico causado pela presença da vegetação nas vizinhanças, atividades educacionais e de lazer. Citam-se ainda serviços de natureza biológica decorrentes da interação da floresta urbana com as cidades. Dentre eles destacam-se a absorção de poluentes e partículas, a prevenção e redução da erosão do solo, a purificação da água e o alívio da poluição sonora. Todos relacionados com o processo de produção de substâncias húmicas pela vegetação.

Sinergia: Efeito ativo e retroativo do trabalho ou esforço coordenado de vários subsistemas na realização de uma tarefa complexa ou função.

Sintropia: Medida do grau de ordem e de previsibilidade de um sistema.

Sistema antrópico: Somatório de intervenções humanas sobre o sistema natural. Equivale à camada uso do solo de McHarg.

Sistema de espaços livres: O conjunto de espaços urbanos livres de edificação, públicos ou privados, associados às funções múltiplas de preservação, recreação, convívio, circulação. Pode ser compreendido como tecido que permeia todo o espaço urbano, justapondo-se ao sistema de objetos edificados e seu sistema de ações. Apresentam relações de conectividade e complementaridade, independentemente de terem sido concebidos com tal finalidade.

Sistema natural: Sistema anterior ao antrópico. Remete às condições do sítio anterior à ação humana.

Soerguida: Levantada.

Substâncias húmicas: São as substâncias formadas no processo de humificação, decorrente da respiração heterotrófica de microrganismos no solo. São os ácidos fúlvicos, os ácidos húmicos e a humina.

Sucessão ecológica: Processo ordenado da instalação e desenvolvimento de uma comunidade. Ocorre com o tempo e termina quando se estabelece na área uma comunidade estável.

Sucessão secundária: Processo de instalação e desenvolvimento de uma comunidade em substratos que já foram ocupados por outra, contendo matéria orgânica viva ou morta. Ex. clareiras, áreas desmatadas, fundos expostos de corpos de água.

Sumidouro de carbono: Fonte de sequestro de dióxido de carbono.

Superfícies de água: (*water surfaces*) Superfícies cobertas por água.

Superfícies marrons: (*Brown surfaces*) Superfícies com solo exposto ou predominantemente exposto.

Superfícies rígidas: (*rigid surfaces*) Superfícies construídas, não permeáveis.

Superfícies suaves: (*soft surfaces*) Superfícies cobertas por vegetação.

Talvegue: Linha sinuosa em fundo de vale, resultante da interseção dos planos de duas vertentes e na qual se concentram as águas que delas descem.

Tecido urbano: Um dos três elementos complexos da forma. Os tecidos urbanos são abrigados pelo plano urbano, abrigando o sistema viário e o padrão de parcelamento dos lotes. Tendem a refletir o padrão da estrutura fundiária e podem apresentar significativa variedade e quantidade de formas.

Transdisciplinaridade: Enfoque sincrônico entre as disciplinas, através das disciplinas e além de qualquer disciplina, baseado em três preceitos básicos: a complexidade, o reconhecimento de diferentes níveis de realidade e a lógica do terceiro incluído.

Transecto: Linha ou seção traçada através de um sítio, ao longo da qual são registradas e estudadas ocorrências de um fenômeno estudado.

Transformabilidade: Capacidade de se cruzarem limiares em direção a novas trajetórias de desenvolvimento.

Triade clássica: Traçado originário dos jardins palacianos da França, que influenciou o projeto de diversas praças no Brasil. Caracteriza-se por caminhos dispostos em cruz, direcionados sempre a um ponto central vertical. No caso das praças, geralmente, um chafariz.

Unidade de faixa de hiato urbano: Porção intercalada por áreas residenciais, pertencente a uma faixa de hiato urbano constituída por trechos mais irregulares e menos estruturados, apresentando menor ordenamento do que o parcelamento que as circundam ou intercalam.

Uso do solo: Um dos três elementos complexos da forma. Menos conservador, responde de forma mais direta aos impulsos de transformação funcional.

Vale encaixado: Vale cujo aprofundamento do talvegue foi muito grande, propiciando a existência de margens estreitas e vertentes com fortes declives.

Várzea: Terreno baixo e plano ao longo de um canal fluvial, situado entre as paredes de um vale. O mesmo que planície de inundação ou área de inundação

Vertente: Superfície inclinada ou declive de montanha por onde derivam as águas pluviais. São os componentes básicos de qualquer paisagem e podem ser classificadas pela sua geometria em retilínea, côncava ou convexa.

ANEXO A – Quadro resumo das características dos compartimentos de relevo incidentes na Região Administrativa Centro Sul, por grande unidade de relevo

UNIDADE DE RELEVO	COMPARTIMENTO DE RELEVO	CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM
Depressão de Belo Horizonte	Colinas do Arrudas	Relevo com inclinações suaves, amplas colinas de topos achatados e vales abertos de fundo chato e seções em forma de "U" raso, propícias ao embrejamento.
	Várzeas do Arrudas	Com amplas áreas baixas e embrejadas, contínuas ou fragmentadas, sua geomorfologia, condicionada predominantemente pelo curso do Arrudas, esse compartimento é significativo para o estudo pois abriga a unidade do <i>fringe belt</i> interno de Belo referente ao Parque Municipal Américo Renê Giannetti.
	Terraço do Arrudas	Superfície plana e semiplana, constituindo terraço do Ribeirão Arrudas, compreende significativa porção da área central de Belo Horizonte, onde passava o meandro do Ribeirão Arrudas, entre os Córregos do Leitão e Acaba Mundo. As declividades na área não ultrapassam 20% em 95% da área, com altitudes variando cerca de 60 metros em toda a sua extensão.
	Vertente do Calafate-São Lucas	Caracteriza-se por um plano conservado, com inclinações suaves em direção ao Ribeirão Arrudas. Apresenta pequeno, mas importante trecho, incidente sobre a faixa de contato entre a Depressão de Belo Horizonte e as Serras do Quadrilátero Ferrífero.

Continua...

Continuação

UNIDADE DE RELEVO	COMPARTIMENTO DE RELEVO	CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM
<p align="center">Serras do Quadrilátero Ferrífero</p>	<p align="center">Cristas da Zona Sul</p>	<p>Juntamente com a Vertente do Cruzeiro e pequena parte da do Calafate-São Lucas, esse compartimento de relevo coincide com a linha de contato entre as grandes unidades Depressão de Belo Horizonte e Serras do Quadrilátero Ferrífero, a qual inclusive constitui. É o compartimento incidente sobre a Região Administrativa Centro Sul com maior diversidade estrutural, sobre o qual incidem a maioria dos bairros que não se encontram na Depressão de Belo Horizonte. Composto de longas cristas com vertentes predominantemente ravinadas e retilíneas, com vales encaixados de seção em forma de "V"; possui áreas deprimidas na base da escarpa da Serra do Curral que afloram em vertentes escarpadas. O relevo acidentado desse compartimento propicia grandes desníveis na rede de drenagem, com ocorrência de algumas cachoeiras. Nele ocorrem ainda subserras em altitudes mais baixas que as cristas da Serra do Curral, além de anfiteatros escarpados nas cabeceiras do Córrego do Leitão. Observa-se também a alternância entre longas cristas e vales encaixados nas cabeceiras de drenagem, com caimento em direção ao Ribeirão Arrudas, que formam ramificações laterais da Serra do Curral. Esse relevo significativamente acidentado, propicia grandes desníveis, com talwegues que chegam a 900 metros e variações de altura da ordem de 100 metros e declividades superiores a 30%.</p>

Continua...

Continuação

UNIDADE DE RELEVO	COMPARTIMENTO DE RELEVO	CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM
Serras do Quadrilátero Ferrífero	Vertente do Cruzeiro	Fazendo contato com as cristas da zona sul e pequena parte da Vertente do Calafate-São Lucas, caracteriza-se por um plano inclinado em direção ao Ribeirão Arrudas, onde estão as sub-bacias dos Córregos do Acaba-Mundo e Serra, com declividades em torno de 20%;
	Superfícies do Jatobá e do Belvedere	Relevo residual da Serra do Curral, possui superfícies elevadas e onduladas. Constituído por dois patamares semiplanos suavemente ondulados e uma porção mais rugosa de relevo. Os patamares - superfície do Jatobá e superfície do Belvedere - possuem declividades inferiores a 10% e o restante do compartimento, declividades de 20% com raras ocorrências em torno de 30%
	Escarpa da Serra do Curral	escarpa superior retilínea do alinhamento montanhoso da Serra do Curral, é o compartimento divisor de águas das bacias do Ribeirão Arrudas, em Belo Horizonte e dos Cristais, em Nova Lima. Relevo montanhoso com declividades quase sempre maiores que 30%, pode ser associada à falha de empurrão, linha de fixação do Parque Municipal das Mangabeiras - unidade do <i>fringe belt</i> externo de Belo Horizonte

Fonte: FERREIRA, 1998; CARVALHO, 2001.

ANEXO B – Tabela resumo da amostragem nos trechos de floresta urbana analisados

Parcela	d ¹³ C (‰)	d ¹⁵ N (‰)	%C	%N	C/N	g/dm ³	Corg	Cah	Caf	Cba	Cha	Cbs	AIPsg	AIPsgAnt	N°arv
B1P1-1	-26,66	6,29	4,42	0,352	12,56	30,23	4,10	5,60	80,48	0,10	0,65	A	A	25	
B1P1-2	-26,74	6,28	3,81	0,305	12,51	29,65	4,20	5,40	50,70	0,68	0,85	A	A	26	
B1P2-1	-26,46	5,89	3,84	0,309	12,43	32,55	4,40	5,67	64,34	0,07	0,95	A	A	72	
B1P2-2	-26,51	6,17	3,63	0,296	12,27	30,23	3,82	4,25	130,92	0,06	1,35	A	A	72	
B1P3-1	-26,43	6,62	3,35	0,259	12,92	28,49	3,10	3,90	84,15	0,10	0,90	A	A	25	
B1P3-2	-26,07	6,87	2,49	0,196	12,69	23,25	4,50	6,50	21,03	0,05	1,03	A	A	24	
B1P4-1	-26,29	7,14	2,92	0,223	13,09	26,16	2,77	3,07	18,83	0,02	0,77	A	A	17	
B1P4-2	-26,25	7,32	2,69	0,197	13,66	23,84	2,18	3,70	24,58	0,03	0,90	A	A	18	
B1P5-1	-26,17	7,17	3,32	0,277	12,00	27,91	3,80	3,60	62,74	0,00	0,30	A	A	30	
B1P5-2	-26,30	6,69	3,42	0,281	12,18	26,74	3,66	3,75	38,93	0,00	0,33	A	A	31	
C1P1-1	-18,41	6,21	3,01	0,147	20,56	22,67	2,10	4,50	0,00	1,59	0,00	F	B	0	
C1P1-2	-19,86	8,22	2,20	0,116	19,02	15,20	2,50	2,00	0,00	1,60	0,00	F	B	0	
C1P2-1	-19,80	6,91	2,44	0,145	16,89	20,00	2,30	2,00	0,00	0,42	0,00	F	B	0	
C1P2-2	-18,85	7,25	1,99	0,114	17,44	15,12	2,30	3,60	0,00	0,40	0,00	F	B	0	
C1P3-1	-19,94	6,34	2,04	0,110	18,53	15,70	2,40	2,10	0,34	0,48	0,00	B	B	1	
C1P3-2	-19,53	7,05	2,47	0,142	17,37	18,02	2,30	5,20	0,35	0,50	0,00	B	B	1	
C1P4	-17,73	8,06	1,62	0,081	19,88	13,95	1,33	1,31	0,00	1,42	0,00	F	B	0	
C1P4-B	-19,16	8,99	0,93	0,045	20,96	7,56	1,03	0,99	0,00	0,00	0,00	G	B	0	
C1P5	-20,72	8,22	2,68	0,168	15,96	21,51	3,60	3,00	0,00	1,15	0,00	F	B	0	
C1P6-B	-22,39	8,74	2,27	0,134	16,91	18,02	3,20	1,80	0,00	0,00	0,00	G	B	0	
D1P1	-27,46	8,87	11,68	0,822	14,21	51,74	9,70	6,70	737,86	2,15	1,26	D	H	2	
D1P2	-23,37	7,03	1,31	0,079	16,57	16,86	2,10	2,40	96,66	0,00	0,20	F	A	4	
D1P3	-23,38	8,54	2,37	0,146	16,25	23,84	2,80	4,90	2,54	0,00	0,97	C	A	3	
D1P4-B	-24,34	8,58	4,35	0,251	17,31	18,02	3,00	2,50	0,00	0,00	0,00	G	H	0	
D1P4	-25,47	8,47	2,85	0,176	16,20	33,14	4,90	2,50	1,4	0,08	0,00	B	A	1	
D1P5	-24,16	9,00	2,78	0,154	18,10	26,16	3,90	3,87	169,64	0,02	0,00	D	H	3	
D1P6	-23,82	9,43	1,84	0,116	15,85	15,12	1,70	2,50	1,45	0,14	0,00	B	H	4	
D1P7	-17,39	5,81	1,80	0,107	16,74	17,00	3,10	2,80	0	0,60	0,00	F	A	0	
D1P8	-25,02	7,59	2,13	0,099	21,48	15,70	2,15	2,20	25,56	2,25	0,40	C	A	2	

ATRIBUTOS PAISAGÍSTICOS

- A- FLORESTA NATIVA
- B- GRAMA + ARBOREA
- C- FLORESTA+SERRAPILHEIRA+C
- D-ARVORES ANTIGAS+SERAPILH
- E-VEGETAÇÃO ORNAMENTAL
- F-GRAMA
- G - ANTROPISADO/SOLO DESCC
- H-POMAR

PARQUE MUNICIPAL

PRAÇA RAUL SOARES

PARQUE MUNICIPAL

LEGENDA

- d¹³C Carbono isotópico 13
- d¹⁵N Nitrogênio isotópico 15
- %C percentual de carbor
- %N percentual de nitrog
- C/N razão carbono/nitroç
- Corg Carbono orgânico tot
- Cah Carbono - ácido húm
- Caf Carbono - ácido fúlv
- Cba Carbono biomassa at
- Cha Carbono biomassa at
- Cbs Carbono biomassa at
- AIPsg Atributo Paisagístico
- AIPsgAnt Atributo Paisagístico
- N°arv|Número de árvores

ANEXO C – Tabela de comparação das variáveis entre as regiões

Variáveis	Região	Média	E.P.	1º Q	2º Q	3º Q	Valor-p
Carbono isotópico 13 (d13C)	PMARG	-23,82	0,91	-25,02	-24,16	-23,38	0,000
	PMM	-26,39	0,07	-26,51	-26,37	-26,25	
	PRS	-19,64	0,41	-19,94	-19,67	-18,85	
Nitrogênio isotópico 15 (d15N)	PMARG	8,15	0,38	7,59	8,54	8,87	0,012
	PMM	6,64	0,15	6,28	6,66	7,14	
	PRS	7,60	0,31	6,91	7,66	8,22	
Percentual de carbono (%C)	PMARG	3,46	1,07	1,84	2,37	2,85	0,005
	PMM	3,39	0,18	2,92	3,39	3,81	
	PRS	2,17	0,18	1,99	2,24	2,47	
Percentual de nitrogênio (%N)	PMARG	0,22	0,08	0,11	0,15	0,18	0,001
	PMM	0,27	0,02	0,22	0,28	0,31	
	PRS	0,12	0,01	0,11	0,13	0,15	
Razão carbono/nitrogênio (C/N)	PMARG	16,97	0,67	16,20	16,57	17,31	0,000
	PMM	12,63	0,16	12,27	12,54	12,92	
	PRS	18,35	0,54	16,91	17,99	19,88	
Carbono orgânico total do solo (Corg)	PMARG	24,18	3,98	16,86	18,02	26,16	0,001
	PMM	27,91	0,93	26,16	28,20	30,23	
	PRS	16,78	1,37	15,12	16,86	20,00	
Carbono - ácido húmico (Cah)	PMARG	3,71	0,82	2,15	3,00	3,90	0,019
	PMM	3,65	0,24	3,10	3,81	4,20	
	PRS	2,31	0,24	2,10	2,30	2,50	
Carbono - ácido fúlvico (Caf)	PMARG	3,37	0,51	2,50	2,50	3,87	0,009
	PMM	4,54	0,36	3,70	4,08	5,60	
	PRS	2,65	0,44	1,80	2,05	3,60	
Carbono biomassa aérea arbórea (Cba)	PMARG	18,23	13,52	0,70	1,45	14,05	0,000
	PMM	57,67	11,06	24,58	56,72	80,48	
	PRS	0,07	0,05	0,00	0,00	0,00	
Carbono biomassa aérea herbácea/arbustiva (Cha)	PMARG	0,58	0,31	0,00	0,08	0,60	0,163
	PMM	0,11	0,06	0,02	0,06	0,10	
	PRS	0,76	0,20	0,40	0,49	1,42	
Carbono biomassa aérea serrapilheira (Cbs)	PMARG	0,31	0,16	0,00	0,00	0,40	0,000
	PMM	0,80	0,10	0,65	0,88	0,95	
	PRS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Número de árvores (Nº arv)	PMARG	2,11	0,51	1,00	2,00	3,00	0,000
	PMM	34,00	6,48	24,00	25,50	31,00	
	PRS	0,20	0,13	0,00	0,00	0,00	

ANEXO D – Análise de fertilidade do solo nas áreas de estudo

PONTO	M.O.	C	pH	P	K	Ca	Mg	Na	Al	H + Al	S.B.	C.T.C.	V%
	COLORIM	Carbono T	CaCl2 0,01	Resina	Resina	Resina	Resina	Acetato de	Cloreto de	Tampão SMP			
	g/dm3	g/dm3	-	mg/dm3	mmolc/dr	mmolc/dr	mmolc/dr	mmolc/dr	mmolc/dr	mmolc/dr	mmolc/dr	mmolc/dr	%
B1P1-1	52	30,23	4,2	11	1,1	19	4	-	-	88	24,1	112,1	21
B1P1-2	51	29,65	4,4	10	1,2	22	6	-	-	72	29,2	101,2	29
B1P2-1	56	32,56	4,2	14	1,1	18	5	-	-	80	24,1	104,1	23
B1P2-2	52	30,23	4,3	12	0,8	19	5	-	-	72	24,8	96,8	26
B1P3-1	49	28,49	4,1	8	0,8	4	2	-	-	98	6,8	104,8	6
B1P3-2	40	23,26	4,3	3	0,9	5	2	-	-	72	7,9	79,9	10
B1P4-1	45	26,16	4,3	3	0,6	4	2	-	-	72	6,6	78,6	8
B1P4-2	41	23,84	4,3	3	0,4	1	1	-	-	64	2,4	66,4	4
B1P5-1	48	27,91	4,8	4	0,5	13	7	-	-	47	20,5	67,5	30
B1P5-2	46	26,74	4,9	5	0,5	15	7	-	-	47	22,5	69,5	32
C1P1-1	39	22,67	4,9	10	1,6	37	6	-	-	38	44,6	82,6	54
C1P1-2	26	15,12	4,9	17	0,7	25	3	-	-	34	28,7	62,7	46
C1P2-1	35	20,35	4,9	12	1	47	6	-	-	42	54	96	56
C1P2-2	26	15,12	4,9	5	1,4	20	4	-	-	31	25,4	56,4	45
C1P3-1	27	15,7	5	5	1,8	29	5	-	-	38	35,8	73,8	49
C1P3-2	31	18,02	4,9	11	0,8	31	4	-	-	34	35,8	69,8	51
C1P4-1	24	13,95	6,6	10	1	101	3	-	-	11	105	116	91
C1P4-B	13	7,56	7	9	0,8	101	5	-	-	10	106,8	116,8	91
C1P5-1	37	21,51	6,4	57	1,2	86	7	-	-	16	94,2	110,2	85
C1P6-B	31	18,02	6,3	106	0,7	104	6	-	-	16	110,7	126,7	87
D1P1	89	51,74	7,1	480	9,6	434	28	-	-	11	471,6	482,6	98
D1P2	29	16,86	6	13	1,9	63	6	-	-	18	70,9	88,9	80
D1P3	41	23,84	6,8	56	2	239	6	-	-	12	247	259	95
D1P4	31	18,02	6,3	132	1,5	85	9	-	-	16	95,5	111,5	86
D1P4-B	57	33,14	6,5	64	13	110	21	-	-	18	144	162	89
D1P5	45	26,16	5,9	13	1,3	60	11	-	-	25	72,3	97,3	74
D1P6	26	15,12	5,5	5	0,9	39	6	-	-	25	45,9	70,9	65
D1P7	30	17,44	6,1	17	1,9	60	8	-	-	15	69,9	84,9	82
D1P8	27	15,7	7,1	20	1,9	317	7	-	-	9	325,9	334,9	97